Elektronica en Telecommunicatie 6

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

658.58:621.39.004.6

Bedrijfszekerheid van consumenten-apparatuur [1])

door ir. P. Pringgoadisurjo, Philips Eindhoven



Summary: *Reliability of consumers' electronic utensils.*
Reliability control for durable consumers' goods has to operate under the particular conditions imposed by the nature of the market. The emphasis is therefore less on the technical problems than on the economic considerations. The idea of optimum reliability is discussed, and its use for design decisions is indicated. As the customer de facto defines both the way of use and the meaning of failure, adequate and dependable feedback of field data is of prime importance, perhaps even more than for professional equipment. Examples of field findings are given to illustrate the possible effects of various parameters outside the product itself.

Bij de hoofdindustriegroep van radio-, grammofoon- en televisieapparaten (H.I.G. – R.G.T.) van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken behoren kwaliteit en bedrijfszekerheidsbeheersing tot de directe verantwoordelijkheden van de hoofden van de diverse ontwikkelingslaboratoria en de chefs van de fabricage-afdelingen. Zij worden in deze geadviseerd en terzijde gestaan door de chef van het Central Quality Department, die direct onder de directie van deze H.I.G. ressorteert. Deze directie is o.a. verantwoordelijk voor de coördinatie van de technische en commerciële activiteiten van deze produktengroep in alle concernvestigingen ter wereld.

In bijgaand schema (fig. 1) wordt geschetst vanuit welke verschillende gezichtshoeken de verantwoordelijkheden der landelijke directies en die der directies van de hoofdindustriegroepen zijn opgebouwd. Hierin is de taak van de staffunctie voor kwaliteit en bedrijfszekerheid in de H.I.G. – R.G.T. afgeleid van de taak van de hoofdindustriegroep.

De opkomst van 'bedrijfszekerheid' als aparte activiteit, om niet te zeggen als aparte discipline, is een gevolg van de omstandigheid dat men na 1945 steeds omvangrijker elektronische en elektro-mechanische systemen vermocht te concipiëren. Men denke slechts aan grote raketten, aan systemen van radarinstallaties etc. De functionele eisen, die men aan dergelijke systemen moet stellen, leidden, wegens de grote complexiteit – hier te verstaan als het aantal onderdelen – tot extreem hoge eisen t.a.v. de bedrijfszekerheid van de onderdelen. Slechts door geraffineerd ontwerp en pijnlijk zorgvuldige toepassing der onderdelen kon aan deze eisen worden tegemoet gekomen. Uit de vraag naar voldoende bedrijfszekerheid van het systeem kwamen aldus technische problemen voort in de sfeer van de technologie der onderdelen.

Deze situatie was op dat moment geenszins nieuw. Inderdaad bestond een 200 jaar geleden, in de dagen van James Watt, een analoge toestand. De conceptie van de stoommachine trok toen immers een verhoudingsgewijs even zware wissel op de technologie van de onderdelenfabricage. En daarvan moest de bedrijfszekerheid van de machines vanzelfsprekend de weerslag ondervinden. Men kan dan ook volledig begrip opbrengen voor de toenmalige mijneigenaren in Cornwall, die bij Boulton en Watt slechts stoommachines wensten aan te schaffen op een contract, dat de fabrikant verplichtte de machines in bedrijfsvaardige toestand te houden.

U weet dat de in de aanvang geschetste problematiek aangaande de grote elektronische systemen in de afgelopen decaden geleid heeft tot de vorming van kwantificeerbare begrippen, allereerst dat van bedrijfszekerheid als overlevingskans.

En even bekend is het dat op basis van de ontwikkelde begrippen een overdaad aan – overigens niet altijd onomstreden – getalwaarden is verzameld, evenals een ruime oogst aan technische en technologische kennis. Deze hele ontwikkeling heeft vrijwel uitsluitend plaatsgehad in de sfeer van de professionele produkten.

Wanneer wij, na dit summiere overzicht, onze aandacht richten op het terrein van de consumentenartikelen – en dan spe-

[1]) Voordracht gehouden voor de Afdeling voor Elektrotechniek en de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. tijdens de gemeenschappelijke vergadering op 11 oktober 1968 te Delft. Voor de overige, tijdens deze vergadering gehouden voordrachten, zie *De Ingenieur* 1969, nr. 16 blz. ET 51 en blz. ET 58 en nr. 20 blz. ET 67.

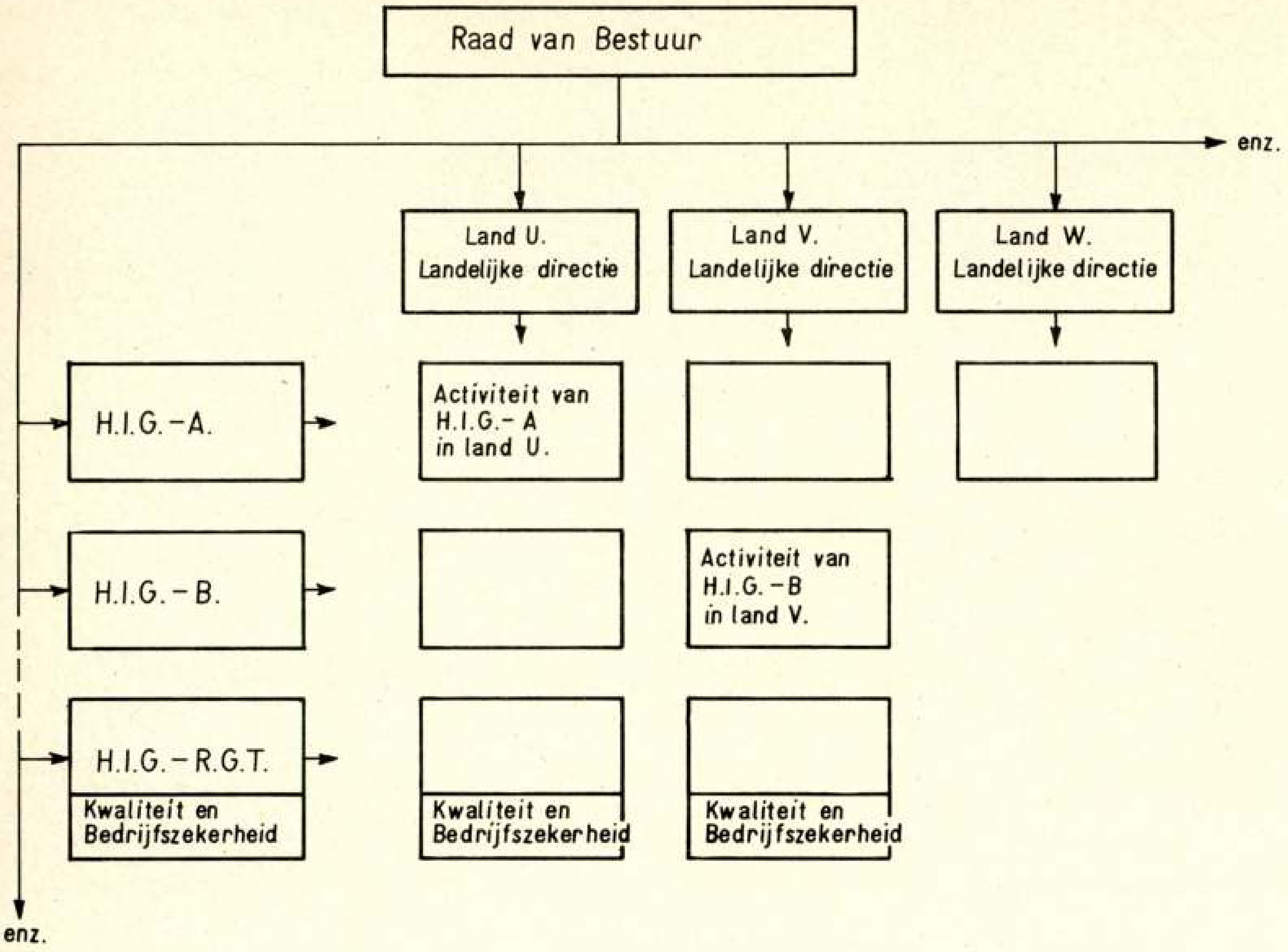


Fig. 1. Organisatie-structuur N.V. Philips. De landelijke directies zijn verantwoordelijk voor produkten van alle Hoofdindustriegroepen, maar alleen in hun eigen land. De Hoofdindustriegroepen zijn verantwoordelijk voor hun eigen produkten, in alle landen. De verantwoordelijkheid van de Raad van Bestuur strekt zich uit over alle produkten en over alle landen.

ciaal de elektronische –, is het allereerst nodig om op te merken dat interesse in bedrijfszekerheid ook hier geen noviteit is. Lang voordat, tegen 1950, de formele ontginning van het gebied der bedrijfszekerheid een aanvang nam, bestond de overtuiging dat duurzaamheid van het produkt een factor van belang was.

In feite heeft men bij Philips sinds de start van de radiofabricage in de twintiger jaren aan dit aspect aandacht geschonken. Door het nemen van duurproeven, die allengs een formeel deel van de ontwikkelingsprocedure zijn gaan uitmaken, en door het verzamelen van gegevens uit de praktijk, heeft men naar vermogen gezorgd voor een voldoende duurzaamheid van het produkt.

De nieuwe ontwikkelingen hebben geen verandering gebracht in onze opvatting dat de kwaliteit duurzaam moet zijn. Alleen is dank zij de kwantificering van de begrippen, en de daaruit voortvloeiende meetbaarheid van bedrijfszekerheid een rationeler aanpak van de problemen mogelijk geworden.

De problematiek van de consumentenartikelen heeft een geheel eigen karakter. In de eerste plaats is de complexiteit van het produkt ettelijke orden van grootte kleiner dan van de hiervoor gememoreerde systemen in het professionele vlak. De eisen t.a.v. bedrijfszekerheid zullen dus slechts in zeer specifieke gevallen leiden tot wezenlijke technische problemen op het vlak van de onderdelen.

Voorts dient men zich te realiseren dat het consumentenartikel in een concurrerende markt van grote omvang moet worden afgezet. Bedrijfszekerheid kan op zich zelf weliswaar een concurrentie-argument zijn, maar dan toch één waarover de klant zich in de regel slechts na geruime tijd een eigen ervaringsoordeel kan vormen. De concurrentiestrijd tendeert derhalve naar het zich toespitsen op andere meer direct aansprekende eigenschappen, met name tot een druk op de prijs.

Massale produkties worden aangewend om via hogere fabricage-efficiency een acceptabele prijs te realiseren. De afzet van grote series vergt echter een uitgebreid en fijn vertakt distributienet om het produkt onder het oog en binnen het bereik van een zo groot mogelijke kring van potentiële klanten te brengen. Terwijl nu door de efficiënte massaproduktie de klantenprijs inderdaad een sprekend concurrentie-argument kan worden moet noodzakelijkerwijze deze prijs een relatief belangrijk aandeel aan distributiekosten bevatten. Maar daar de distributie slechts in beperkte mate voor rationalisatie vatbaar is, wordt de door de niet aflatende concurrentie veroorzaakte prijsdruk nagenoeg ten volle afgewenteld op de produktiekosten (d.z. kosten van ontwerp en fabricage).

Het gevaar is nu dat een al te vlot toegeven aan deze druk zal leiden tot het insluipen van een onevenredig aantal potentiële uitval-oorzaken of 'reliability risks' in het produkt. Hoe funest dit zou zijn voor de renommee van de fabrikant, en op langere termijn voor zijn bestaansmogelijkheid, behoeft geen nadere uiteenzetting.

Omdat echter de artikelen waarvan hier sprake is, gewoonlijk onder garantie verkocht worden maken de 'reliability risks' zich ook rechtstreeks bemerkbaar in de vorm van servicekosten ten laste van de fabrikant. Door het toegeven aan de op zich zelf legitieme wens tot verlaging der produktiekosten loopt men derhalve licht het gevaar dat de daarin bereikte besparing wordt te niet gedaan of zelfs overtroffen door een verhoging van de servicekosten.

Uit een oogpunt van bedrijfsvoering is op dit terrein dan ook de som van produktie- en servicekosten een belangrijk criterium. Een verhoging van de bedrijfszekerheid betekent een verlaging van de servicekosten, hoewel er zonder speciale maatregelen een toeneming van de produktiekosten voor vereist zal zijn. De som van beide kostensoorten zal een minimum bereiken bij een bepaalde, optimale waarde van de bedrijfszekerheid (zie fig. 2). Deze gedachtengang is een waardevolle lei-

draad voor de ontwerper en een praktische toets voor de fabricage-afdelingen.

Vooralsnog is het niet zo dat deze kostenoptimalisatie in concrete cijfers valt uit te werken voor een compleet produkt. Het directe nut ligt veel meer bij het nemen van beslissingen over alternatieve constructiedetails en onderdeel-applicaties.

Bij televisieapparaten doet zich bijvoorbeeld het volgende voor. Het is in Europa gangbaar om bij een met buizen uitgerust apparaat de gloeidraden van de buizen in serie te voeden, en bij voorkeur door directe aansluiting aan de netspanning. Wanneer de som der nominale gloeispanningen van de buizen bijv. 205 V bedraagt kan men deze gloeistroomketen rechtstreeks op een net met 220 V nominaal aansluiten, zonder de grenzen te overschrijden die voor de buistoepassing gesteld zijn. Deze verhoging van de gloeispanning boven de nominale waarde heeft echter een uitgesproken verhogend effect op het uitvaltempo. Aan de hand van literatuurgegevens over de invloed van gloeispanning op uitvaltempo en met kennis van de servicekosten ten gevolge van buis-uitval kan men eenvoudig narekenen of het niet lonender is in de gloeistroomketen een voorschakelweerstand in te bouwen.

Het idee dat men het totaal van service- en produktiekosten als basis moet nemen leidt ook tot de volgende prognose voor de toekomstige ontwikkeling. De serviceverlening is een t.a.v. fabriceren, typisch arbeidsintensief dienstverlenend bedrijf waar de voortdurende stijging van lonen en salarissen moeilijker door hogere produktiviteit te compenseren is dan in het fabricageproces. Men moet dus uit dien hoofde, ondanks de daarin nog mogelijke rationalisatie, verwachten dat de kosten voor een service-ingreep in de toekomst sneller zullen stijgen dan de kosten van een fabricagehandeling. Het is daarom te voorzien dat uit een oogpunt van bedrijfseconomie een toenemende bedrijfszekerheid van consumentenartikelen noodzakelijk is (fig. 3).

Daar komt dan nog bij dat naarmate de service-activiteit duurder wordt ook het gewicht van bedrijfszekerheid als concurrentie-argument toeneemt. De gebruiker wordt dan immers met hogere reparatie-kosten geconfronteerd na afloop van de garantie.

Om te komen tot een effectieve beheersing van de bedrijfszekerheid in de geschetste zin, is het voor de fabrikant van consumentenartikelen noodzakelijk om een inzicht te hebben in de bedrijfszekerheid van zijn produkten, en wel zoals de klant die ervaart. Deze laatste kwalificatie is essentieel omdat de appreciatie van de klant normatief is. Terwijl het begrip bedrijfszekerheid samenhangt met 'het vermogen om een bepaalde functie onder gegeven omstandigheden te vervullen', moet men voor consumentenartikelen het standpunt innemen dat de verlangde functie wordt gedefinieerd door de feitelijke gebruikswijze van de klant. En die kan afwijken van wat de fabrikant zich voorstelt.

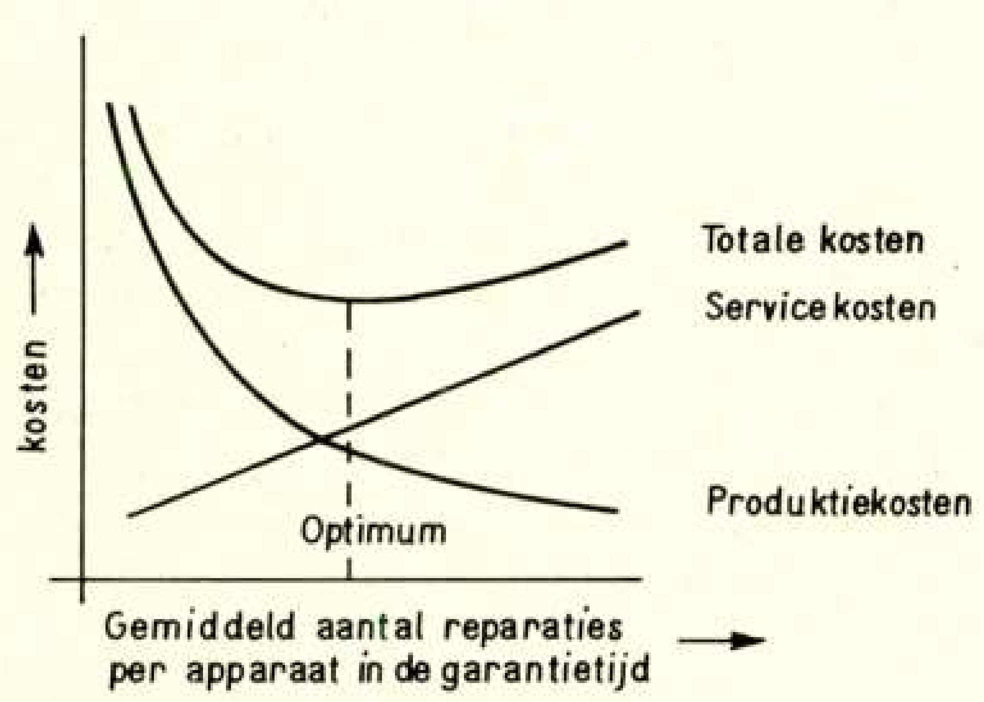


Fig. 2. Optimale bedrijfszekerheid. Deze volgt uit de samenhang van produktiekosten en servicekosten (beide per apparaat gerekend en in afhankelijkheid van de bedrijfszekerheid). Servicekosten zijn evenredig met het gemiddeld aantal garantie-reparaties per apparaat. De produktiekosten stijgen in toenemende mate bij vergroting van de bedrijfszekerheid, d.i. bij afnemend aantal garantie-reparaties per apparaat.

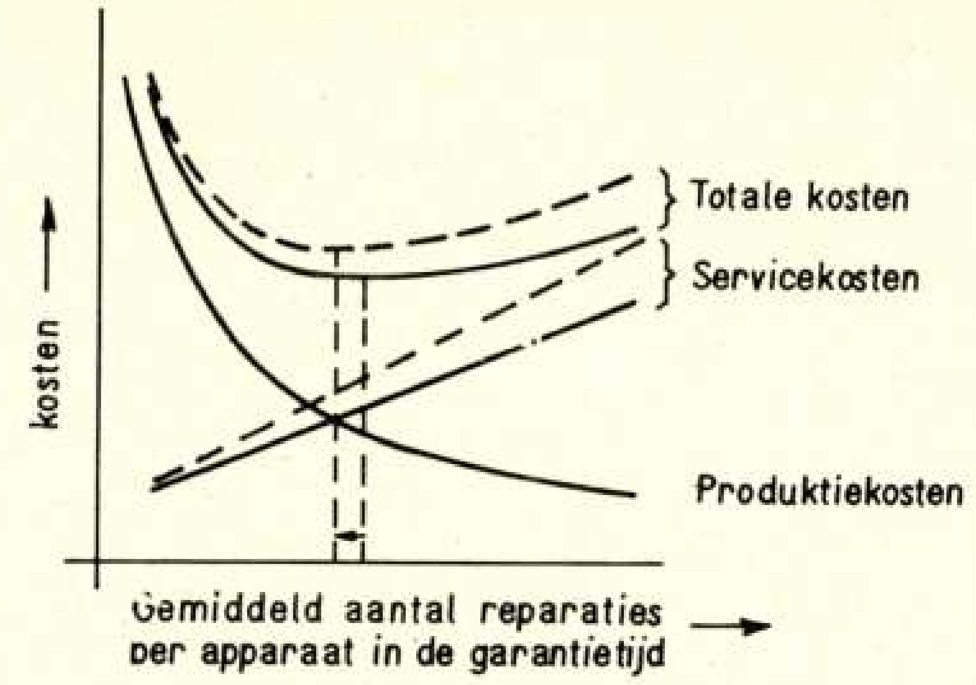


Fig. 3. Verschuiving van de optimale bedrijfszekerheid bij verhoging van het servicetarief. De produktiekosten zijn onveranderd verondersteld. De getrokken lijnen voor servicekosten en totale kosten stellen de oorspronkelijke situatie voor, de gestreepte lijnen de toestand bij verhoogd servicetarief.

Zo zijn er bijv. mensen die hun wasdroger gebruiken om hun brooddeeg te laten rijzen. Ook dient voor vele huisvrouwen het bovenvlak van een TV-apparaat met een kleedje te worden bedekt, dat dan helaas een deel van de ventilatieopeningen in de achterwand bedekt, die juist door de fabrikant daarin zijn aangebracht om de inwendige temperatuur van het apparaat binnen aanvaardbare grenzen te houden. Het is een probleem op zichzelf in hoeverre men rekening dient te houden met dit soort 'extreme' klantengebruiken.

Waar de gebruiker dus in feite de functie definieert, zal hij ook de inhoud van het begrip 'failure' definiëren. Ook hier is het de klant die beslist wanneer de gevraagde functie niet meer wordt vervuld en dus het inroepen van technische hulp nodig is.

Wanneer men bijv. een radio-type met kortegolf- en middengolfbereik zowel in Europa als in Australië verkoopt, dan zal blijken dat een defect in het middengolfbereik in Europa een 'failure' is en in Australië niet of nauwelijks, terwijl het met gebreken in het kortegolfdeel juist andersom is gesteld.

Dit alles brengt met zich mee dat de verzameling en analyse van gebruikservaringen over het produkt een essentiële rol spelen bij de activiteiten op het gebied van bedrijfszekerheid, en de basis vormen zowel voor normstellingen als voor verder onderzoek. Gezien het mogelijke verschil in gebruikswijze (zoals in het zojuist vermelde voorbeeld van de radio) en de invloeden van verschil in klimaat moet deze rapportage voldoende gedifferentieerd worden opgezet.

Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid zijn belangrijker dan veelheid van gegevens. De beste kansen liggen dan ook in het zo zorgvuldig mogelijk volgen van groepen van een beperkt aantal apparaten. Elke groep is dan op te vatten als een steekproef uit de in een bepaald gebied aanwezige apparaten van het betreffende type.

Wil men de zo verkregen gegevens verwerken om een kwantitatieve uitdrukking voor de bedrijfszekerheid te krijgen, dan stuit men op een complicatie, die karakteristiek is voor massaprodukten (niet alleen consumentenartikelen, maar bijv. ook meetinstrumenten voor professionele doeleinden).

Wanneer men namelijk een steekproef opzet kiest men een gebied, waarbinnen geen al te grote klimaatverschillen bestaan en geen extreem onderscheid in gebruikswijze valt te verwachten. Maar dan is het nog nodig rekening te houden met het feit dat de steekproef-exemplaren niet alle met dezelfde intensiteit worden gebruikt. Worden nu van elk geobserveerd apparaat de kalenderdata gerapporteerd waarop ze defect geraakt zijn, dan zijn deze gegevens deels een maat voor de bedrijfszekerheid van het apparaat in kwestie, deels echter een indicatie voor de gemiddelde mate van gebruik. Dit is nl. een gevolg van het feit dat de evolutie van het aantal reparaties wordt waargenomen als functie van de gerapporteerde kalendertijd, terwijl deze geen bekend verband heeft met het aantal bedrijfsuren. Immers het aantal uren gebruik per dag zal welhaast zeker sterk uiteenlopen voor de verschillende exemplaren.

Het is mogelijk gebleken om deze situatie te beschrijven met een wiskundig model en daaruit een methode af te leiden om de bedrijfszekerheid, zoals die in een bepaalde klantenkring wordt ervaren, met een tweetal parameters te karakteriseren. De ene daarvan is karakteristiek voor het apparaat. De andere parameter, de karakteristieke gebruiksduur, d.i. de *kalendertijd* waarin het gemiddelde aantal reparaties per apparaat tot 1 aangroeit, berust daarentegen gedeeltelijk op eigenschappen van het apparaat, gedeeltelijk op de gemiddelde intensiteit van het gebruik. De analyse-methode waarover wij nu beschikken levert dus als bijprodukt interessante gegevens op over de mate van gebruik in verschillende streken en onder verschillende omstandigheden.

Het volgende voorbeeld mag dienen ter illustratie. Gegevens over het gedrag van auto-radio's worden verkregen door het volgen van apparaten die in wagens van het Philips' wagenpark zijn ingebouwd. Bij de rapportage wordt de kilometer als 'klok' gebruikt. Maar het aantal uren radio-gebruik per 1000 km vertoont natuurlijk evenzeer een spreiding als het aantal uren gebruik per dag in het geval van stationaire apparaten. Voor een bepaald type hebben we de volgende karakteristieke gebruiksduur gevonden:

in dieseltrekkers	150 000 km
in dieselvrachtwagens	300 000 km
in personenwagens	500 000 km

Het verschil is toe te schrijven aan de gezamenlijke effecten van onderscheid in uitwendige omstandigheden en verschillende mate van gebruik. Blijkbaar is, in gevallen als deze, de geldswaarde van garantie gedurende een vaste termijn verschillend voor apparaten die in verschillende situaties of streken worden gebruikt. De kwantitatieve signalering van deze verschillen is een welkome bijdrage in discussies over bepaalde aspecten van commercieel beleid.

Het zal U niet ontgaan zijn dat rapportage over het gedrag van reeds verkochte apparaten het karakter heeft van een na-calculatie en te laat beschikbaar komt voor incorporatie van het verkregen inzicht in de conceptie van het apparaat in kwestie. Wel kan men, mits er voldoende gegevens zijn, daaruit praktische waarden voor de uitvaltempo's van onderdelen afleiden en die gebruiken bij het ontwerp van een volgende generatie apparaten.

Overigens zijn de verzamelde gebruiksgegevens het uitgangspunt voor het opzetten van simulatie-proeven. Deze kunnen in het bedrijf worden uitgevoerd, en wel in een zo vroeg stadium dat eventueel noodzakelijke correcties in het ontwerp nog kunnen worden aangebracht.

Dergelijke proeven, genomen aan exemplaren uit het begin der produktie, zijn voor televisie reeds jaren gebruikelijk. Ze hebben niet alleen een schat aan technische ervaring opgeleverd, maar ons ook geleerd, dat men uit geschikt opgezette duurproeven, die niet meer dan enkele etmalen behoeven te duren, een behoorlijke schatting kan krijgen aangaande het gedrag van de apparaten bij de klant. Deze informatie kan bijv. worden gebruikt voor een prognose van de servicekosten en de planning van de service-activiteiten.

Het is dit samenspel van gerichte rapportage uit de markt en adequate simulatie door duurproeven, dat ons in toenemende mate in staat zal stellen de optimalisering van de bedrijfszekerheid te benaderen.

Tot nu toe heb ik de nadruk gelegd op de waarde en de mogelijkheden van een systematische waarneming van kwantitatieve bedrijfszekerheidsgegevens. Daarenboven is natuurlijk een adequate technische informatie nodig, met name omtrent de relatieve frequentie van de optredende fouten. Alleen op grond daarvan kan immers worden uitgemaakt waar technische inspanning het meest effectief kan worden aangewend. Het gaat er immers niet om ook de zeldzaamste soort defecten 'coûte que coûte' te elimineren, doch men zal zijn aandacht dienen te richten op de dominerende foutensoorten, om door onderzoek naar de oorzaken daarvan tot economisch aantrekkelijke of althans aanvaardbare alternatieve oplossingen te komen.

Tenslotte nog een woord over het belang van bedrijfszekerheid van produkten van de Europese en meer in het bijzonder van de Nederlandse industrie.

Willen wij kunnen concurreren in hoog-geïndustrialiseerde landen zoals de Verenigde Staten, waar technische service duur is en waar men zich derhalve reeds jaren geleden heeft toegelegd op een bewust verhogen van de bedrijfszekerheid van industrieprodukten, dan zullen onze produkten tenminste die zelfde bedrijfszekerheid moeten bezitten zonder het raffinement te verliezen dat daar in Europese artikelen zo hoog gewaardeerd wordt. Deze uitdaging aan onze industrie zal moeten leiden tot heroriëntatie en actie, die waarschijnlijk tevens van hoge waarde zullen blijken te zijn bij de concurrentiestrijd binnen het toekomstige Europa zelf.

Men kan immers de situatie van de U.S.A. nu als een praktisch model beschouwen van het Europa van straks, hetgeen ons de mogelijkheid geeft om via een praktische exercitie aan het voorhanden model, Europa voor te bereiden op de toekomst welke nauwelijks nog veraf kan worden genoemd.

621.371:551.510.535:551.501.8



URSI-Onderwerpen [1])

2. Neuere Ergebnisse der Ionosphärenforschung

von Prof. Dr. W. Dieminger, Max-Planck-Institut für Aeronomie, Lindau/Harz

Summary: *Some newer results of ionospheric research.*
Knowledge of the electron density profile is indispensable for investigation of the F-region. A very accurate method for converting ionograms into electron density profiles has been developed. A study of these profiles reveals the following features: At middle latitudes the F-layer, without changing its shape appreciably, shifts at night to greater altitudes, where the electron loss is small. This explains, at least partly, the slow decrease of the critical frequency during the night. The increase of height is 2-3 times larger during magnetically disturbed nights than during quiet ones. Both height and thickness of the layer increase with increasing solar activity. This is probably caused by rising temperature. Occasionally, travelling waves consisting of variations in electron density are observed in the F-region progressing with phase velocities on the order of 1000 km/h. They may be interpreted as gravity waves generated by disturbances in the stratosphere. In spite of the large variations, it is possible to derive a standard electron density profile for limited periods of time by normalizing properly both height and electron density.

Many anomalies of the F-region may be explained by assuming that, due to differential heating of the ionosphere, movements of the neutral gas are produced shifting the ionized component along the magnetic lines of force. Thus height variations are produced, influencing distinctly the diurnal variation of the critical frequency. Even the declination effect may be explained in this way.

In contrast to the diurnal variation of the absorption of radio waves in the D-region, which follows closely the sun's elevation, the seasonal variation shows an anomaly on winter days consisting of large mean values and high variability of absorption from day to day. This anomaly is restricted to middle latitudes. It disappears in polar regions because of missing sunshine and diminishes gradually towards the equator, vanishing at about 35° latitude. It is undoubtedly connected with an increase of the electron density in the D-region of still unknown origin. There is a certain correlation with stratospheric warmings where the temperature of the stratosphere increases suddenly by up to 40 deg. Presumably the origin of both phenomena is the variation of the general circulation of the atmosphere in winter.

1. Einleitung

Im folgenden Artikel soll nicht versucht werden einen gedrängten Überblick über all die Fortschritte zu geben, die in den letzten Jahren gemacht wurden. Dies geschieht in den Berichten 'Progress of Science', die von der URSI nach jeder Vollversammlung herausgegeben werden. Ich will mich vielmehr auf einige wenige Ergebnisse beschränken, die im Max-Planck-Institut für Aeronomie in jüngster Zeit gewonnen wurden, und von denen ich annehme, daß sie von allgemeinem Interesse sind. Und zwar will ich berichten über Untersuchungen des Profiles der F-Schicht, über Bewegungsvorgänge im F2-Gebiet und über Untersuchungen der mesosphärisch-ionosphärischen Kopplung.

2. Das Schichtprofil des F-Gebietes

Man hat in der Vergangenheit viele Arbeiten durchgeführt, die sich mit der kritischen Frequenz der F2-Schicht befassen. Diese ist bekanntlich ein gutes Maß für die Elektronenkonzentration im Maximum der Schicht. Man hat dabei festgestellt, daß die Elektronenkonzentration nicht einem einfachen Sonnenstandsgesetz folgt, wie z.B. im E-Gebiet. Man spricht in diesem Zusammenhang von Anomalien der F2-Schicht. Dazu gehören z.B., daß in unseren Breiten die Elektronenkonzentration im Winter um Mittag trotz der geringeren Sonneneinstrahlung höher als im Sommer ist, daß im Sommer und ganz besonders in den Tropen das tageszeitliche Maximum nicht mittags sondern in den Abendstunden auftritt, ja, daß sich an manchen Orten der Tagesgang geradezu umkehrt mit einem Minimum um Mittag und einem Maximum um Mitternacht. Man kann diese Anomalien nur unvollständig erklären, wenn man nur die kritische Frequenz betrachtet. Näher kommt man dem Problem, wenn man das gesamte Elektronendichteprofil betrachtet, d.h. die Abhängigkeit der Elektronendichte von der Höhe und ihre zeitlichen Variationen. Solche Profile kann man z.B. mit Hilfe von raketengetragenen Instrumenten direkt ermitteln; dies ist aber ein kostspieliges und daher auf Einzelfälle beschränktes Verfahren.

Man kann Elektronendichteprofile auch aus den Ionogrammen ermitteln, die an vielen Orten regelmäßig aufgenommen werden. Diese Ionogramme geben bekanntlich die Laufzeit von reflektierten Radiowellen als Funktion der Frequenz. Aus der Laufzeit kann man auf die Höhe, aus der Frequenz auf die Elektronenkonzentration schließen. Da die Radiowellen im ionisierten Medium mit einer Gruppengeschwindigkeit laufen, die von der Elektronenkonzentration, der Frequenz der Welle, dem Magnetfeld und der Richtung abhängt, ist die Umrechnung nicht ganz einfach. Es gibt dafür eine ganze Reihe von Verfahren, die sich durch die erzielbare Genauigkeit und auch durch den Rechenaufwand unterscheiden. Ein Verfahren besonders hoher Genauigkeit wurde in unserem Institut von W. Becker (1967) entwickelt. Die Auswertung eines Ionogramms dauert allerdings selbst bei Einsatz einer Rechenmaschine von der Rechengeschwindigkeit einer IBM 7040 zwischen 5 und 15 Minuten.

[1]) Voordrachten gehouden tijdens de 199e werkvergadering van het NERG op 22 november 1968 te Eindhoven. Zie voor de aankondiging van deze vergadering *De Ingenieur* 1968, nr. 46 blz. ET 176. In *De Ingenieur* 1969, nr. 20 blz. ET 80 werd de eerste publikatie uit deze reeks voordrachten opgenomen.

Voraussetzung für ein genaues Profil ist ein gutes Ionogramm. Wie gute Ionogramme aussehen sollen, zeigt Abb. 1. Es kommt unter anderem darauf an, daß die Spur möglichst bis zur wirklichen kritischen Frequenz reicht, weil der Bereich unmittelbar unterhalb der kritischen Frequenz am meisten zum Gesamtelektroneninhalt beiträgt. Bestimmt man z.B. bei einer parabolischen Schicht die kritische Frequenz um 1% zu niedrig, so wird der totale Elektroneninhalt unterhalb des Schichtmaximums um 21% zu gering. Bei einer Fehlbestimmung der kritischen Frequenz um 5% beträgt der Fehler bereits 45%. Eine weitere Schwierigkeit ist, daß die Ionosphäre unterhalb 90 km nur schlecht reflektiert. Man muß daher die darunterliegende Elektronenverteilung aus anderen Messungen ergänzen.

2.1. *Zeitliche Variationen*

Die beiden Ionogramme in Abb. 1 wurden zu der gleichen Tageszeit, nämlich 12.15 h mittlerer Ortszeit an zwei verschiedenen Tagen, nämlich am 12. und 14. April aufgenommen. Der 12. war ruhig, am 14. herrschte ein geomagnetischer Sturm. Man erkennt in den Ionogrammen und in den abgeleiteten Profilen (Abb. 2) deutlich die Erniedrigung der kritischen Frequenz am gestörten Tag. Das Schichtmaximum verändert in diesem Fall seine Höhe nur unwesentlich.

Will man den zeitlichen Verlauf untersuchen, so empfiehlt sich eine andere Art der Darstellung. Dabei trägt man Linien für bestimmte Werte der Plasmafrequenz, die ja proportional der Elektronenkonzentration ist, als Funktion der Zeit auf (Abb. 3 unten). Die Kurve 4,0 zeigt z.B. an, in welcher Höhe die Plasmafrequenz 4,0 MHz entsprechend einer Elektronenkonzentration von $2 \cdot 10^5$ cm^{-3} herrscht. Man sieht, daß bestimmte Kurven z.B. 6,5; 6,0; 5,5; 5,0 und 4,5 am Abend abbrechen. Das rührt daher, daß die Elektronenkonzentration absinkt und die entsprechenden Plasmafrequenzen überhaupt nicht mehr erreicht werden. In den Variationen der Profillinien ist also die Änderung der Elektronenkonzentration im Schichtmaximum mit enthalten. Das stört bei manchen Untersuchungen erheblich. Man kann davon freikommen, indem man statt der Plasmafrequenzen Linien konstanter Verhältnisse f_o/f_{co} aufträgt [6], wobei f_o die Plasmafrequenz und f_{co} die kritische Frequenz, also die Plasmafrequenz im Schichtmaximum ist. f_o/f_{co} = 0,8 bedeutet z.B. die Konturlinie, in der die Plasmafrequenz 80% der kritischen Frequenz ist. Das ist im oberen Teil der Abb. 3 dargestellt.

Man erkennt, daß zwischen 20 und 22 h die gesamten Konturlinien sich um etwa 70 km nach oben verlagern, wobei die Abstände untereinander praktisch konstant bleiben, d.h. die ganze Schicht rutscht nach oben, ohne ihre Form wesentlich zu verändern. Zwischen 02 und 04 h sinkt dann die Schicht wieder herab. Ein Vergleich mit den Zeiten des Sonnenuntergangs (S.S.) und Sonnenaufgangs (S.R.) in Schichthöhe zeigt, dass das Auf und Ab der Schicht offenbar nichts mit dem Sonnenstand zu tun hat. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Ansteigen und Abfallen der Schichthöhe sich an ungestörten Tagen unabhängig von dem jahreszeitlich veränderlichen Sonnenauf- und -untergang etwa zur gleichen Ortszeit wiederholt. Es ist offenbar durch horizontale Bewegungsvorgänge des Neutralgases bedingt, auf die später noch eingegangen werden soll.

Das Hochgehen der Schicht erklärt eine seit langem bekannte Erscheinung [3]: Während der Nacht fällt vor allem im Winterhalbjahr die kritische Frequenz der F2-Schicht zunächst wie zu erwarten ab, ändert sich dann mehrere Stunden nur mehr wenig und beginnt kurz vor dem Sonnenaufgang wieder zu fallen, bis dann der Tagesanstieg einsetzt. Ein Vergleich mit der Höhenänderung der Schicht (Abb. 4) zeigt, daß ein enger Zusammenhang mit der Schichthöhe besteht. Der Abfall der kritischen Frequenz hört auf, sobald die Schicht eine bestimmte Höhe erreicht hat und beginnt wieder, sobald die Schicht wieder auf die ursprüngliche Höhe gefallen ist. Die Erklärung ist folgende: Der Elektronenverlust in der F-Schicht ist sehr stark druck- und damit höhenabhängig. Beim Hochgehen wird die Schicht in ein Gebiet niedriger Verlustrate befördert und die kritische Frequenz nimmt nun mehr sehr langsam ab. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, daß in der Nacht noch ein Zufluß von Elektronen aus der Magnetosphäre existiert [32].

Es sei noch darauf hingewiesen, daß in Abb. 4 noch die Ergebnisse einer zweiten Station eingetragen sind, die sich etwa 100 km westlich von Lindau befand. Die Meßpunkte sind nahezu identisch, ein Zeichen dafür, daß die Ionosphäre über derartige Strecken recht homogen und daß die Auswertegenauigkeit sehr gut ist.

2.2. *Einfluß der Sonnenaktivität*

Anschließend noch ein paar Bemerkungen über den Einfluß der Sonnenaktivität. Zunächst sei in Abb. 5 die Wirkung eines geomagnetischen Sturms gezeigt, der bekanntlich durch den Einfall solarer Korpuskeln hervorgerufen wird. Verglichen

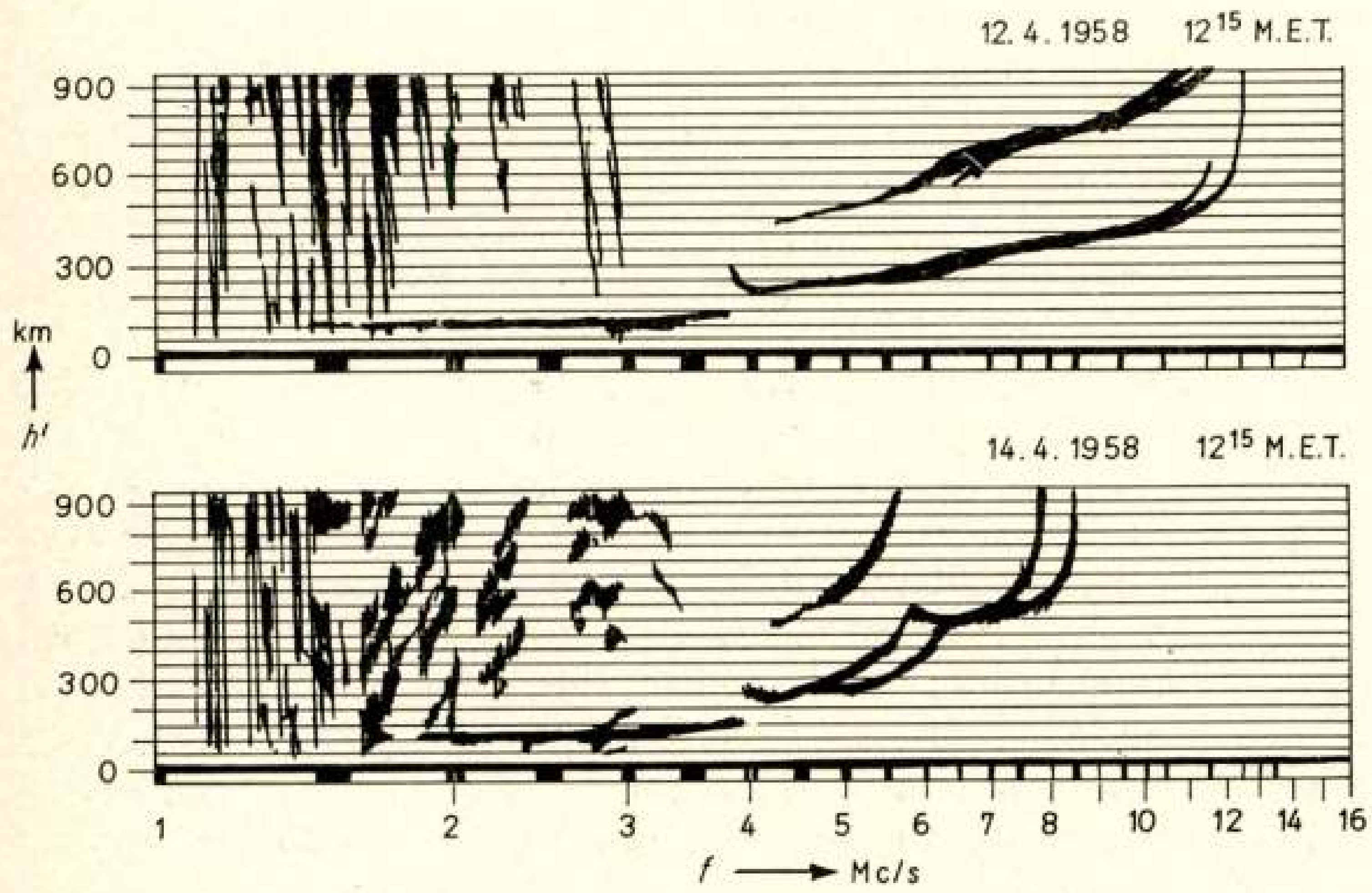


Abb. 1. Ionogramme an einem ungestörten (oben) und einem erdmagnetisch gestörten Tag. Station Lindau/Harz.

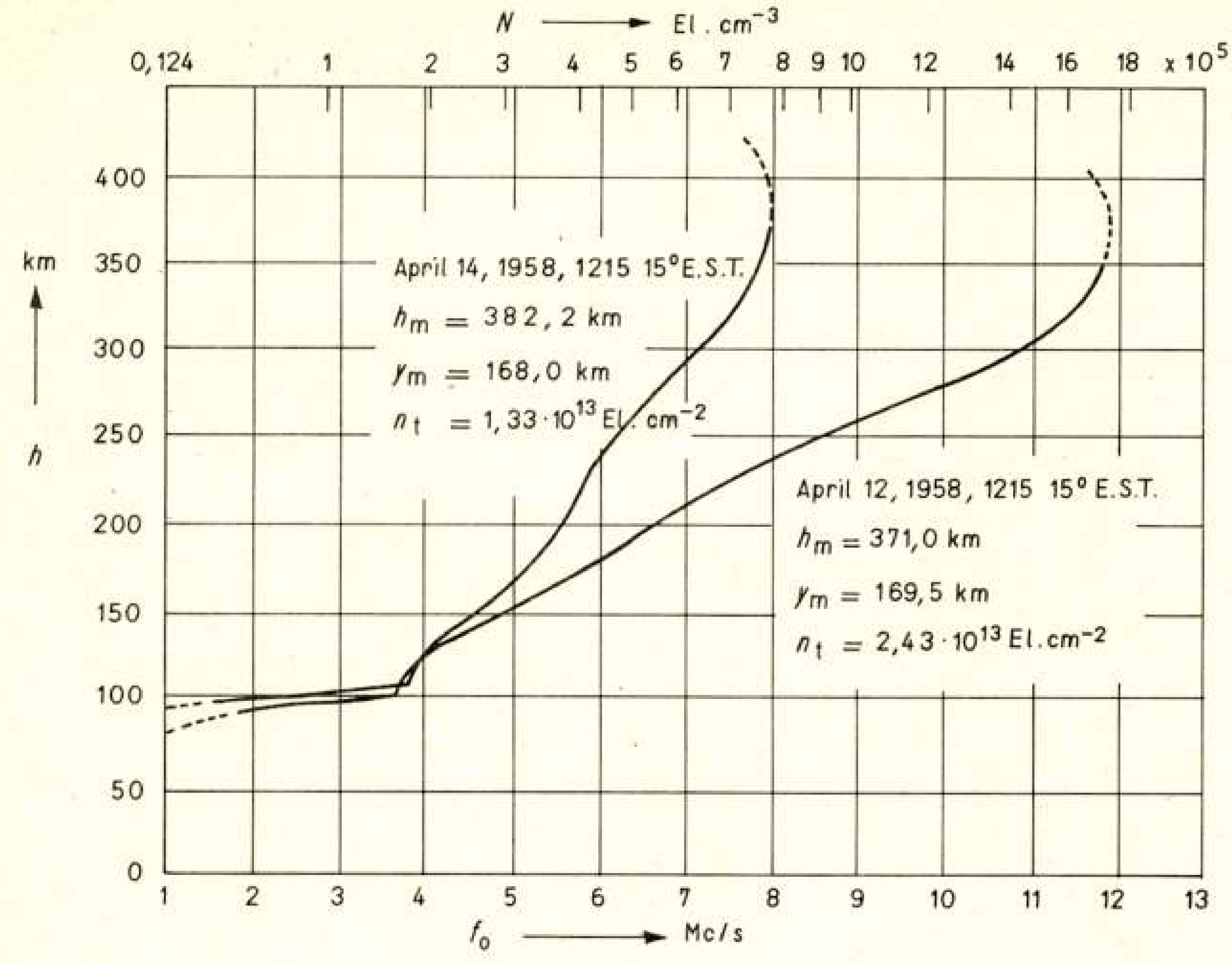


Abb. 2. Elektronendichteprofile, abgeleitet aus den Ionogrammen der Abb. 1. h_m = Höhe des Schichtmaximums, Y_m = halbe Schichtmächtigkeit, n_t = totaler Elektroneninhalt bis zum Schichtmaximum.

sind die ungestörte Nacht vom 30. Nov. zum 1. Dez. 1958 und die gestörte Nacht vom 2. zum 3. Dez. 1958 [6]. Während der Schichtanstieg in der ruhigen Nacht etwa 70 km beträgt, ist er in der gestörten Nacht etwa 200 km. Der Verlauf der kritischen Frequenz ist dagegen in beiden Nächten nicht sehr verschieden. Auch in der gestörten Nacht bleibt der Abstand der Konturlinien in etwa konstant, d.h. die Schicht geht hoch, ohne sich in der Form wesentlich zu ändern.

Der Einfluß der Änderung der Ultraviolett- und Röntgenstrahlung auf die Schichthöhe um Mittag wird durch Abb. 6 illustriert. Die Sonnenaktivität, gemessen durch die Sonnenfleckenrelativzahl R und Intensität der solaren Radiostrahlung auf 10,8 cm Ø, hatte ein deutliches Minimum um die Mitte des Monats November 1958; den gleichen Gang zeigt die Höhe h_m des Schichtmaximums der F2-Schicht um Mittag [4]. Gleichzeitig erkennt man den Einfluß der erdmagnetischen Unruhe, gemessen durch die Charakterzahl K. Im allgemeinen fallen Spitzen im Höhenverlauf wie z.B. am 4., 10., 24. und 28. Nov. mit hohen Kennziffern zusammen.

Der Zusammenhang zwischen der Höhe des Schichtmaximums h_m der F2-Schicht und der Sonnenaktivität wurde in unserem Institut von Becker [5], Stubbe [31] und Rüster [26] näher untersucht. Das Ergebnis für die Mittagswerte von h_m in den Dezembermonaten 1953–1960 für Tage mit $K \leq 2$ zeigt Abb. 7. Trotz der Streuung der Einzelwerte ist die Korrelation sehr gut. Die Höhe des Schichtmaximums liegt im Sonnenfleckenmaximum um rd. 140 km höher als im Sonnenfleckenminimum. Der Korrelationskoeffizient ist mit $r = 0{,}94$ sehr hoch. Einen ganz ähnlichen Zusammenhang zeigt ein anderer, für die Mächtigkeit der Schicht charakteristischer Parameter, der folgendermaßen definiert ist: Man kann den Verlauf der Plasmafrequenz in der Nähe des Schichtmaximums durch eine Parabel approximieren. Die halbe Dicke dieser Parabel nennt man Y_m. Den Zusammenhang zwischen Y_m und der Sonnenfleckenrelativzahl R zeigt Abb. 8. Auch hier ist der Zusammenhang evident. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = +0{,}85$.

Die Zunahme der Schichthöhe und -mächtigkeit mit zunehmender Sonnenaktivität läßt sich theoretisch erklären durch eine Zunahme der Gastemperatur im F-Gebiet mit steigender Sonnenaktivität [31, 26]. Das Ergebnis entsprechender Rechnungen, auf die ich im einzelnen nicht eingehen will, ist in Abb. 9 wiedergegeben. Die Temperatur im Schichtmaximum im Dezember um Mitternacht steigt von 900 °K bei $R = 0$ auf 1300 °K bei $R = 300$ an. Diese Werte stimmen mit denen aus

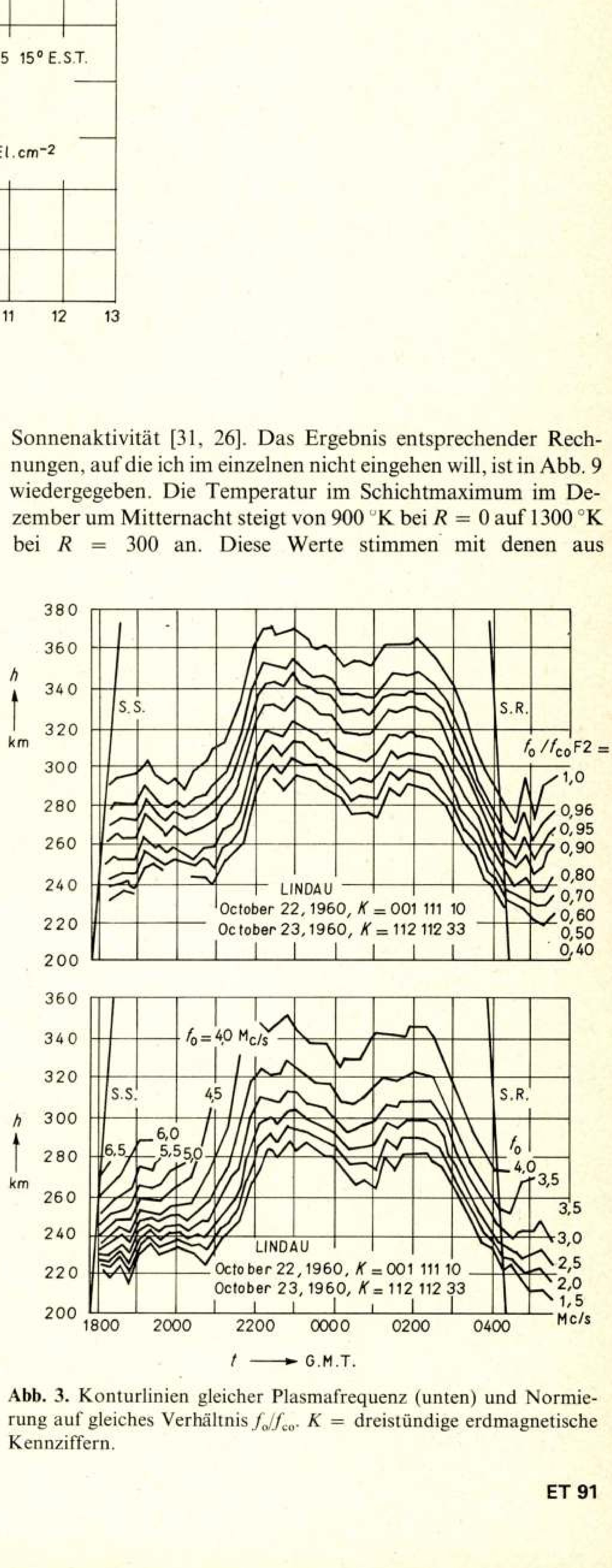


Abb. 3. Konturlinien gleicher Plasmafrequenz (unten) und Normierung auf gleiches Verhältnis f_o/f_{co}. K = dreistündige erdmagnetische Kennziffern.

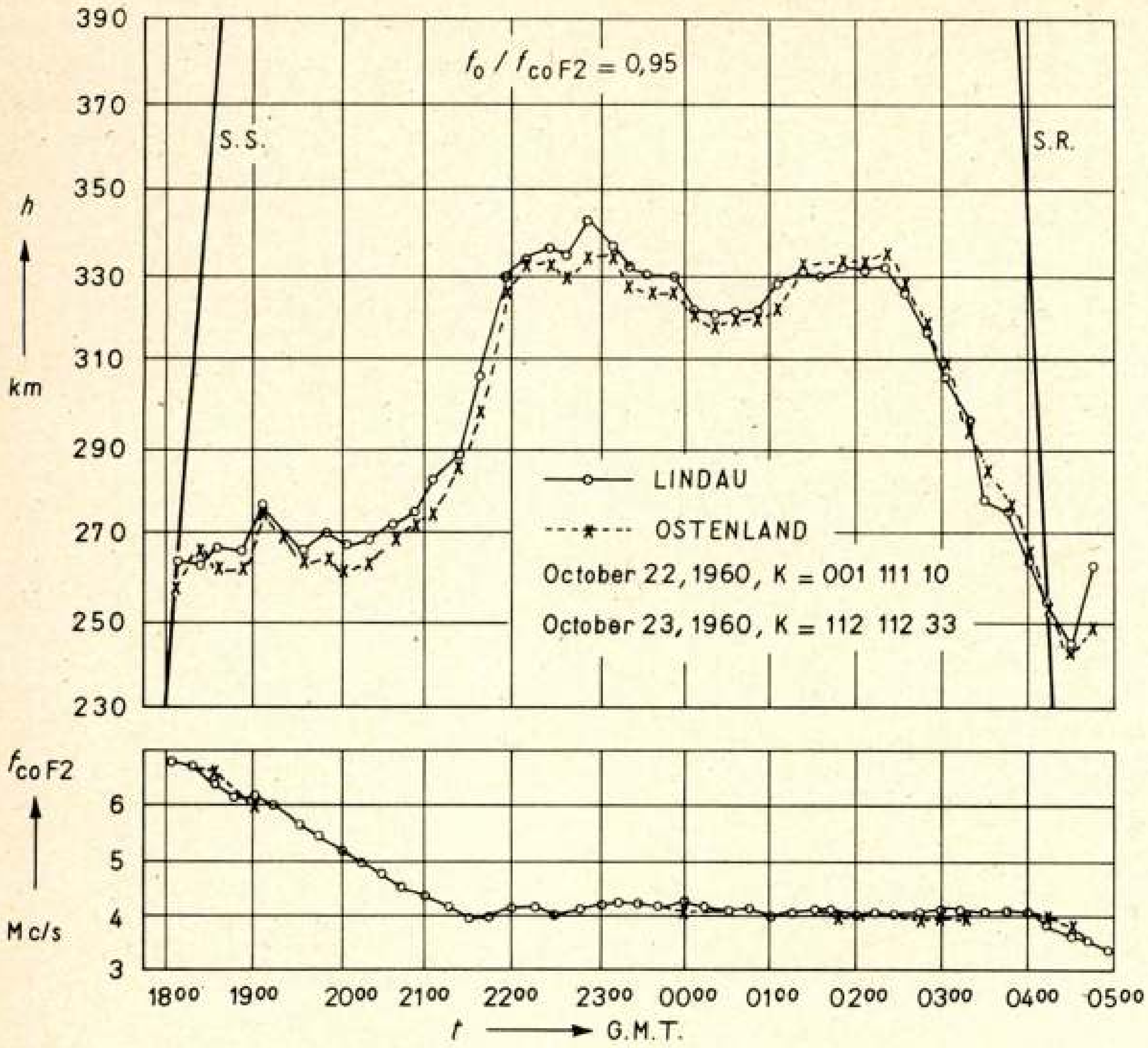


Abb. 4. Konturlinien f_o/f_{co} = 0,95 und kritische Frequenz f_{co} für 2 Stationen im Abstand von 150 km.

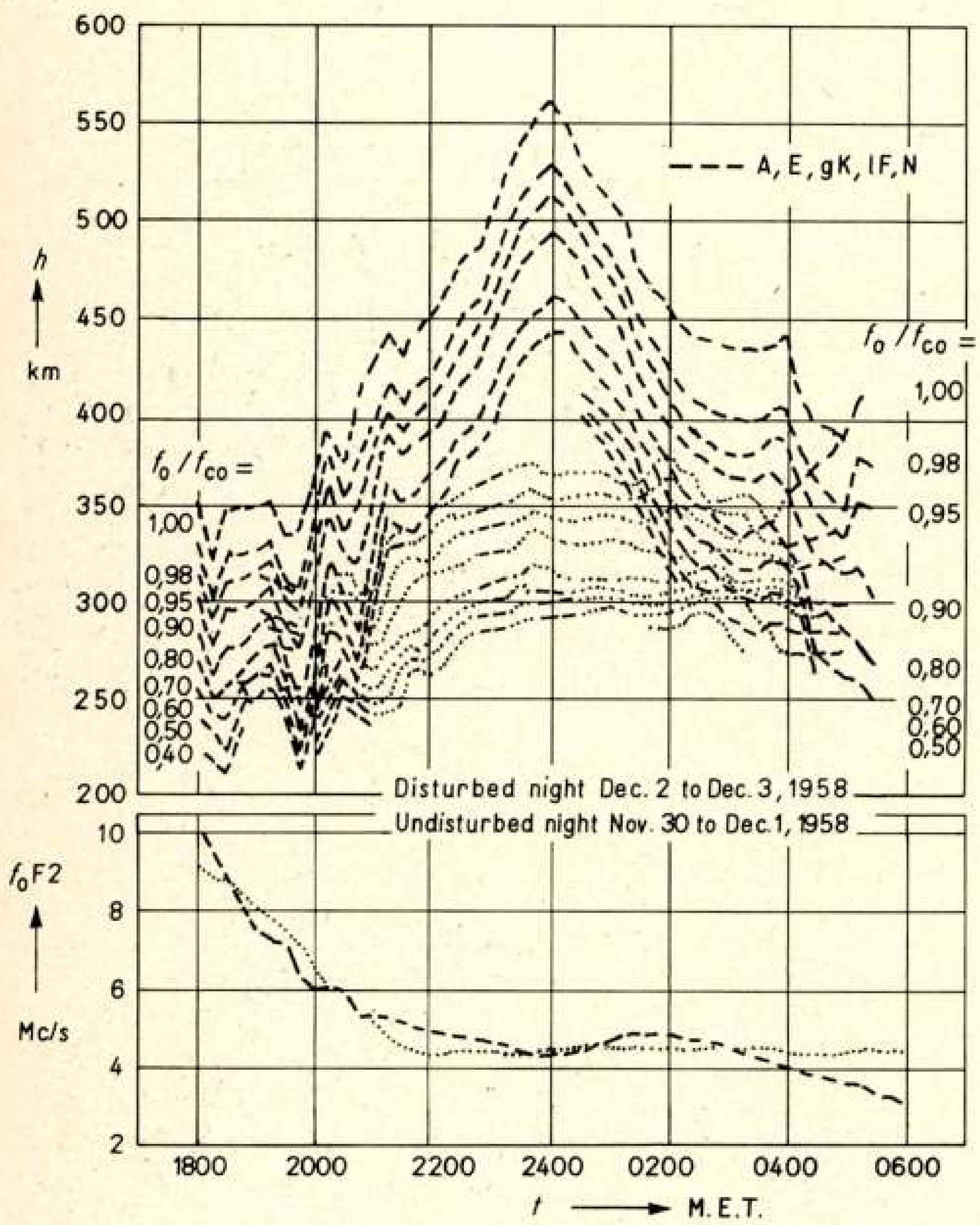


Abb. 5. Konturlinien und kritische Frequenz für eine ungestörte und eine gestörte Nacht. Die gestrichelten Linien sind Extrapolationen für Zeiten, in denen eine Auswertung nicht möglich war.

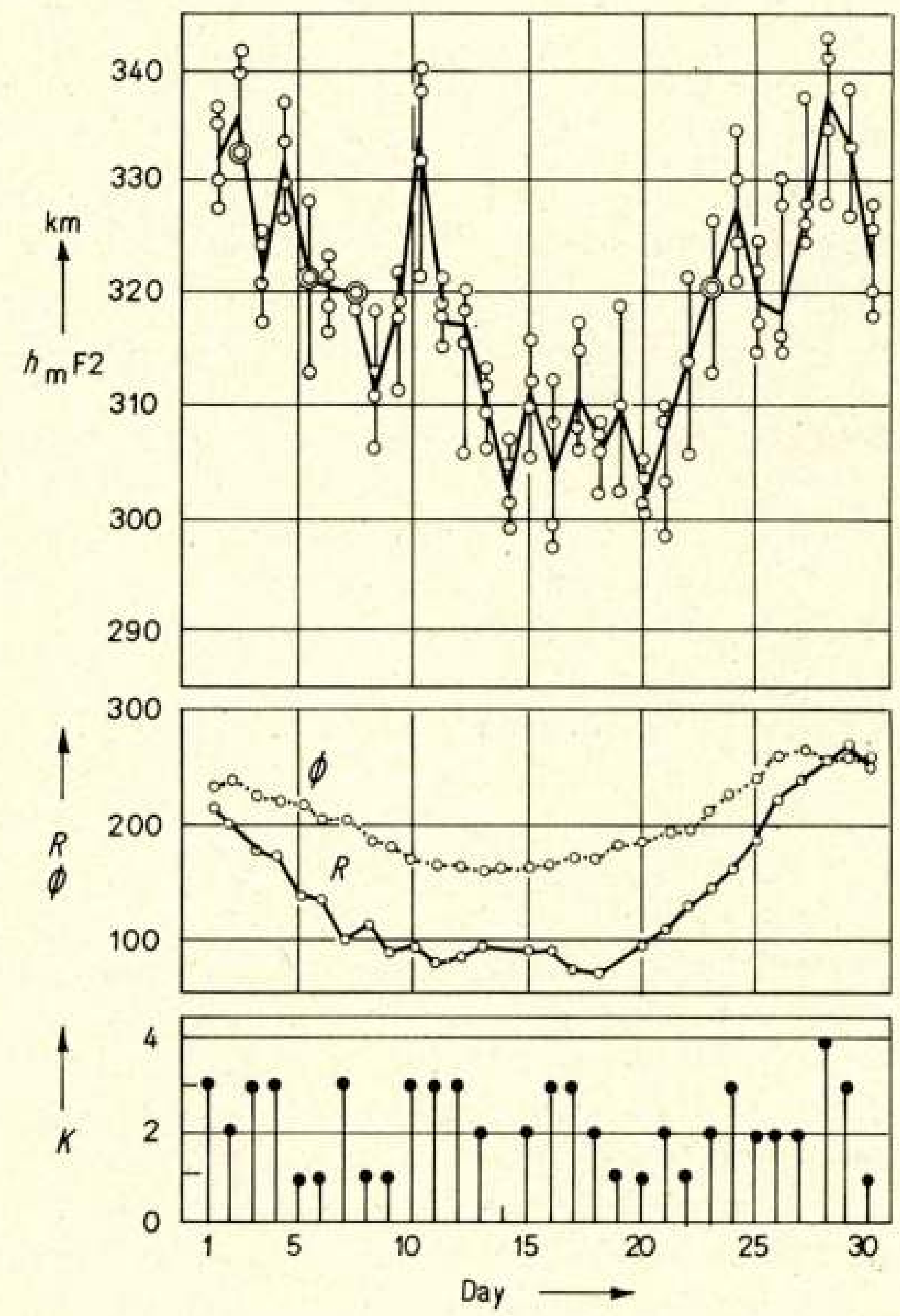


Abb. 6. Mittagsmittelwerte der Höhe des Schichtmaximums (oben), Intensität der solaren Radiostrahlung auf 10,7 cm ø und Sonnenfleckenrelativzahl R (Mitte), erdmagnetische Kennziffern K (unten). Die Kreise in der obersten Darstellung geben die 4 halbstündlichen Ablesungen zwischen 1200 und 1330 h wieder, die Mittelwerte sind durch die dicke Linie verbunden.

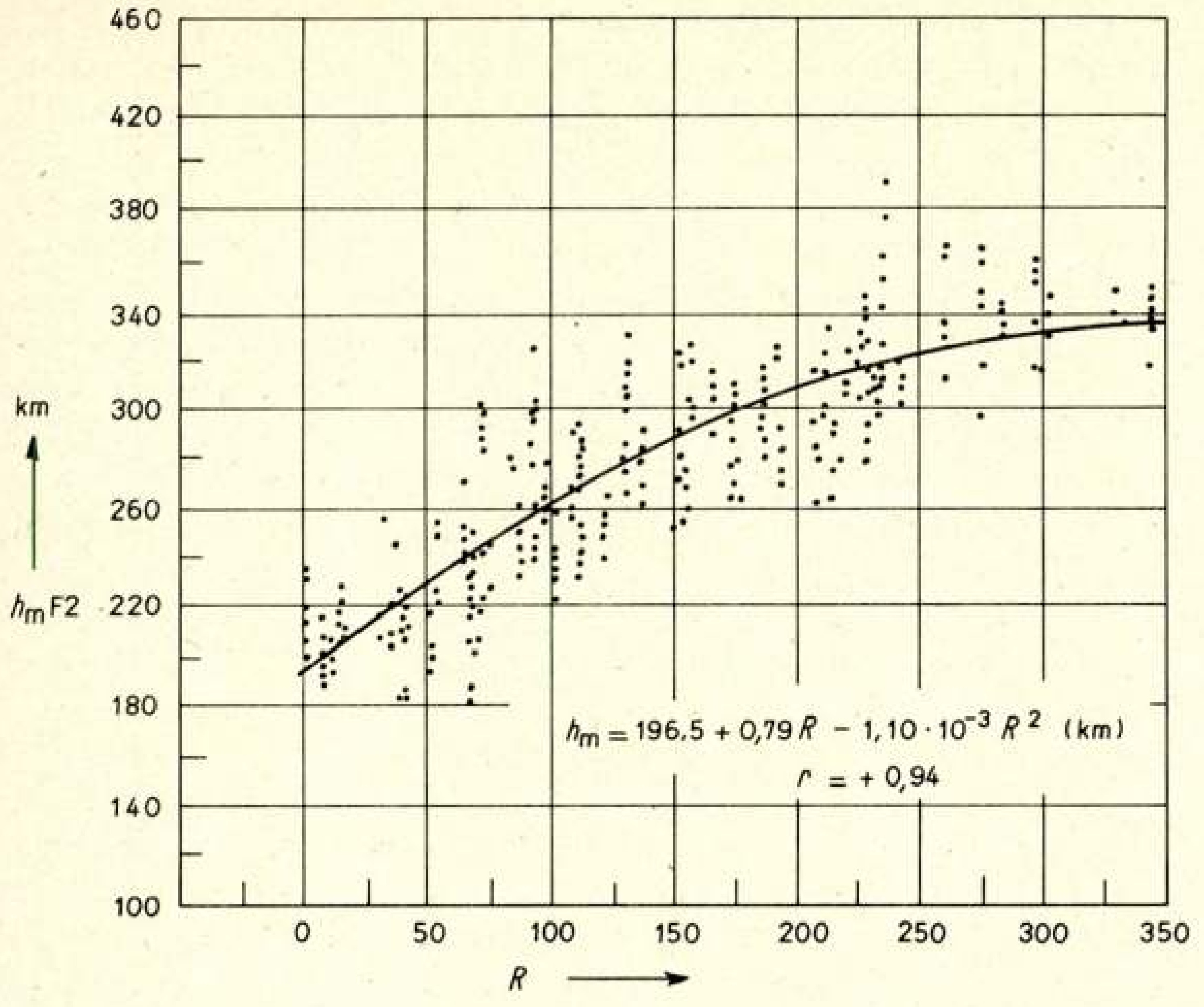


Abb. 7. Höhe des Schichtmaximums h_m an Dezembermittagen in Abhängigkeit von der Sonnenfleckenrelativzahl R für Tage mit $K \leq 2$ in den Jahren 1953–'60.

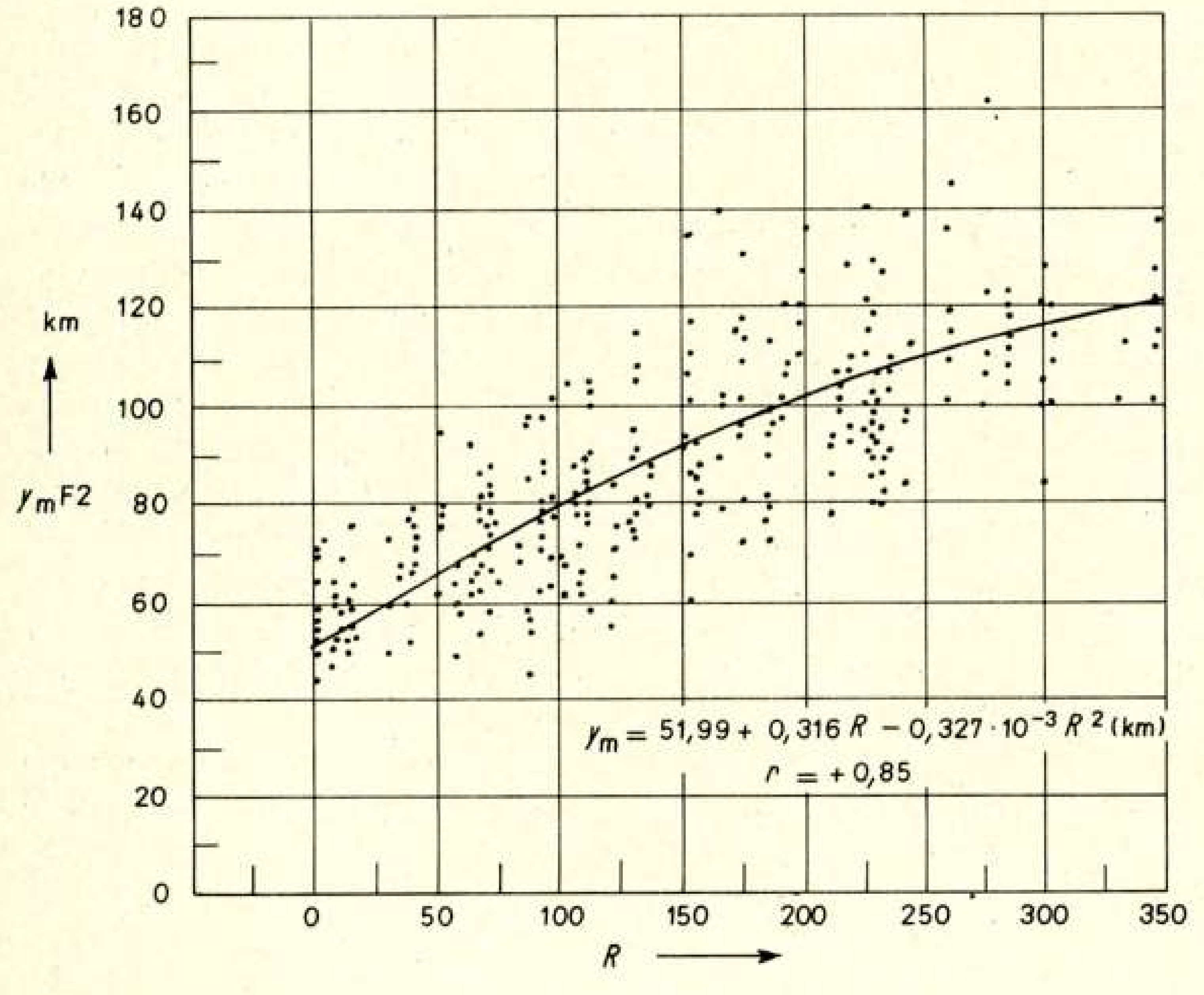


Abb. 8. Halbe Schichtmächtigkeit Y_m für die gleichen Tage wie in Abb. 7.

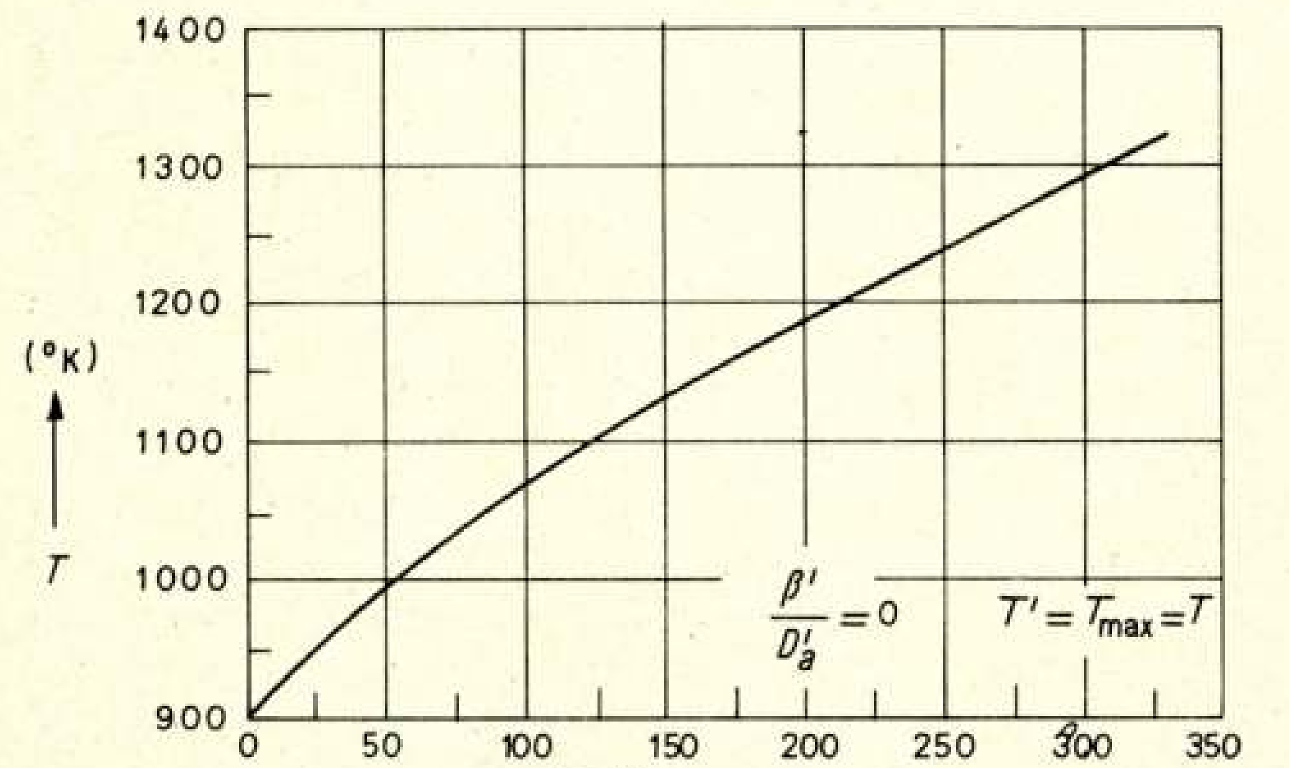


Abb. 9. Aus der Schichtmächtigkeit abgeleitete Temperatur des Neutralgases im Schichtmaximum für den gleichen Zeitraum wie in Abb. 7.

der Hemmung von Satelliten bestimmten gut überein. Interessanterweise gilt die Korrelation nicht nur für langzeitliche Veränderungen, sondern für Veränderungen von Tag zu Tag, d.h. die Ionosphärentemperatur stellt sich täglich aufs neue auf die momentane Sonnenaktivität ein. Man kann diese Zusammenhänge zumindest während der Nacht geradezu als ein 'Ionosphärenthermometer' benutzen. Tagsüber scheinen, wie gerade angelaufene Untersuchungen von Kohl [20] zeigen, die Verhältnisse komplizierter zu sein.

Ein anderes beachtliches Ergebnis der Analyse der Elektronendichteprofile ist der Nachweis von fortschreitenden Wellen in der Elektronenverteilung der Ionosphäre [17]. Unser Institut betrieb einige Jahre lang drei Ionosonden, die in einem Dreieck von etwa 100–150 km Seitenlänge aufgestellt waren. Die Lotungen erfolgten auf die Sekunde genau gleichzeitig. Das Ergebnis der Auswertung für eine typische Nacht

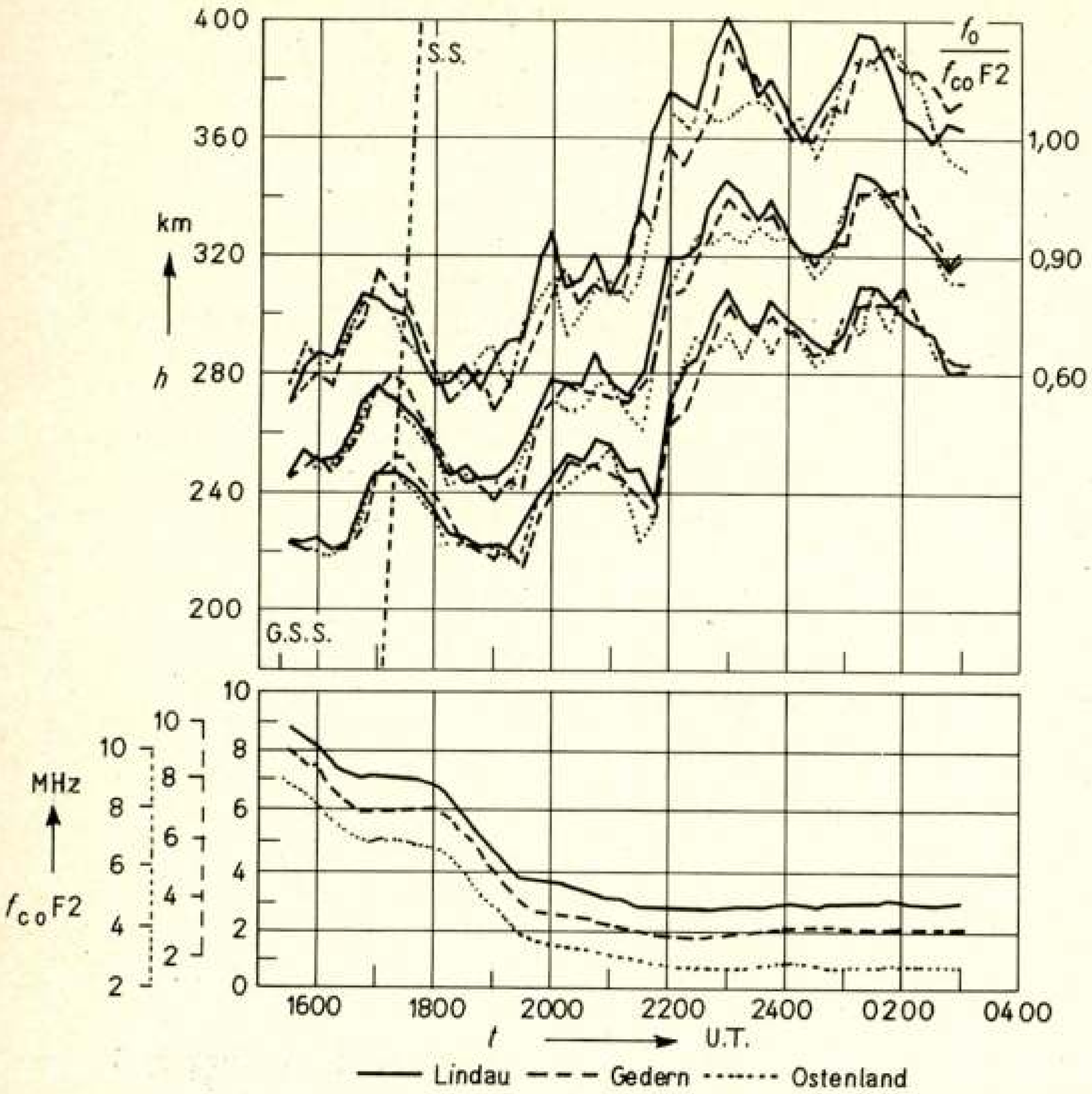


Abb. 10. Konturlinien für f_o/f_{co} = 1,00; 0,90 und 0,60 (oben) und kritische Frequenzen für 3 Stationen im Abstand von je 150 km. K = 3-stündige erdmagnetische Kennziffern.

(20./21. Nov. 1960) zeigt Abb. 10 für die Niveaus f_o/f_{co} = 1,00; 0,90 und 0,60. Die Konturlinien und die kritischen Frequenzen an allen drei Stationen zeigten einen weitgehend identischen Verlauf, jedoch mit einer kleinen Zeitverschiebung zwischen den drei Stationen. Eliminiert man den normalen nächtlichen Anstieg der Konturlinien, so bleibt die in Abb. 11 dargestellte Oszillation übrig. Sie hat eine Periode von etwa 3 Stunden und eine Amplitude von etwa ± 15 km und ist in der Phase von Station zu Station systematisch verschoben. Sie kann gedeutet werden als eine fortschreitende Welle, die mit einer Phasengeschwindigkeit von etwa 1000 km in südlicher Richtung über die Stationen fortschreitet. Solche Wellen treten gar nicht selten auf, sind allerdings in vielen Fällen durch statistische Schwankungen weitgehend verdeckt. Mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich dabei um Schwerewellen, die vermutlich durch Vorgänge in der Mesosphäre ausgelöst werden.

Trotz all dieser Variationen ist es nach den Arbeiten von Becker möglich, wenigstens für bestimmte Zeiten ein Standardprofil der F-Schicht anzugeben.

2.3. *Standardprofil der Ionosphäre*

Anschließend ein paar Worte über das sog. Standardprofil der Ionosphäre. Von vielen Leuten, die sich nicht direkt mit Ionosphärenphysik beschäftigen, aber mit ihr rechnen müssen, wird immer wieder der Wunsch nach einer Standard-Ionosphäre geäußert. Die Ionosphärenphysiker haben bisher meist darauf geantwortet, daß dies in Anbetracht der Veränderlichkeit der Ionosphäre, von der einige Beispiele im Vorhergehenden gezeigt wurden, nicht möglich sei. Auf Grund genauer Profilanalysen hat aber Becker [4] kürzlich gezeigt, daß zumindest für bestimmte Zeiträume ein normiertes Standardprofil aufgestellt werden kann. Er hat zu diesem Zweck das Verhältnis der Elektronendichte N zur Elektronendichte N_c im Schichtmaximum als Funktion eines Höhenparameters $(h_m - h)/Y_m$ aufgetragen, wobei h_m die wahre Höhe des Schichtmaximums, h die laufende Höhe und Y_m die halbe Mächtigkeit der parabolischen Ersatzschicht ist. Das Ergebnis für Mitternacht in 4 Monaten im Sonnenfleckenminimum 1963/64 zeigt Abb. 12. Nur im unteren Teil der Schicht zeigen sich merkliche Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten. Interessanterweise gilt praktisch das gleiche Profil auch im Sonnenfleckenmaximum. Aus diesem Standardprofil kann man mit guter Näherung durch Einsetzen der individuellen Werte für h_m und Y_m sowie für N_c das tatsächliche Profil ableiten. Weniger befriedigend sind die Ergebnisse tagsüber, wodurch die Existenz der F1-Schicht speziell im Sommer die Verhältnisse kompliziert werden. Das zeigt ein Vergleich der normierten Mittagsprofile (Abb. 13) für 3 Tage im Februar, Juli und September jeweils im Sonnenfleckenminimum 1963 und im Sonnenfleckenmaximum 1958. Hier weichen die Profile unterhalb N/N_c = 0,8 erheblich voneinander ab. Immerhin ist für den Winter, wie die Kurven für den 4. Februar 1958 bzw. 1963 zeigen, das Standardprofil bis herunter zu N/N_c = 0,45, d.h. herunter bis zu etwa 20% der kritischen Frequenz gut brauchbar. Diese Arbeiten werden voraussichtlich ihren Niederschlag in der Standardionosphäre finden, die von einer Arbeitsgruppe der URSI z.Z. ausgearbeitet wird.

Profile können natürlich auch aus den in Satelliten von der Oberseite der Ionosphäre gewonnenen Ionogrammen berechnet werden. Abb. 14 zeigt ein Profil, das durch Kombination eines 'Topside'-Ionogramms des Satelliten 'Alouette I' mit einem fast gleichzeitig aufgenommenen 'Bottomside'-Ionogramm der Station Port Stanley auf den Falklandinseln gewonnen wurde [9]. Die Übereinstimmung der aus beiden Ionogrammen unabhängig bestimmten kritischen Frequenz ist recht gut; allerdings ist noch eine kleine Höhenüberlappung vorhanden. Bemerkenswert ist die langsame Abnahme der Elektronenkonzentration nach oben. In 1000 km ist immer noch eine kritische Frequenz von 1 MHz, entsprechend $1{,}24 \cdot 10^4$ Elektronen, vorhanden. Das Verhältnis der totalen Elektronenzahl oberhalb und unterhalb des Maximums beträgt in dem gezeigten Beispiel 1,88, d.h. oberhalb sind fast zweimal so viel Elektronen vorhanden wie unterhalb.

Damit wollen wir das Kapitel über das Schichtprofil des F2-Gebietes verlassen und uns der Dynamik der F2-Schicht zuwenden.

3. Dynamik der F2-Schicht

Viele der eingangs erwähnten Anomalien der F2-Schicht lassen sich durch den Einfluß von globalen Windsystemen auf die Ionisationsverteilung der F-Schicht erklären [18].

Solche Windsysteme entstehen dadurch, daß in der hohen Atmosphäre zwischen verschiedenen Orten, aber in fester Höhe, Druckunterschiede bestehen. Einfach gesprochen: Man hat Hoch- und Tiefdruckgebiete.

Abb. 15 zeigt die Isothermen in der hohen Atmosphäre (oberhalb 120 km) nach einem Modell von Jacchia. Das Material zu diesem Modell wurde aus einer Vielzahl von Messungen der Hemmung von Satelliten gewonnen. Da in diesem Modell Luftdichte und -druck eindeutige Funktionen der Temperatur sind, kann man Abb. 15 auch als eine Darstellung der Isobaren betrachten. Man erkennt das Zentrum des 'Hochdruckgebietes' am Äquator auf dem 1400 h Meridian, das des Tiefdruckgebietes auf dem 1400 h Meridian. Das sich als Folge ausbildende Windsystem ist in der Abb. 16 dargestellt.

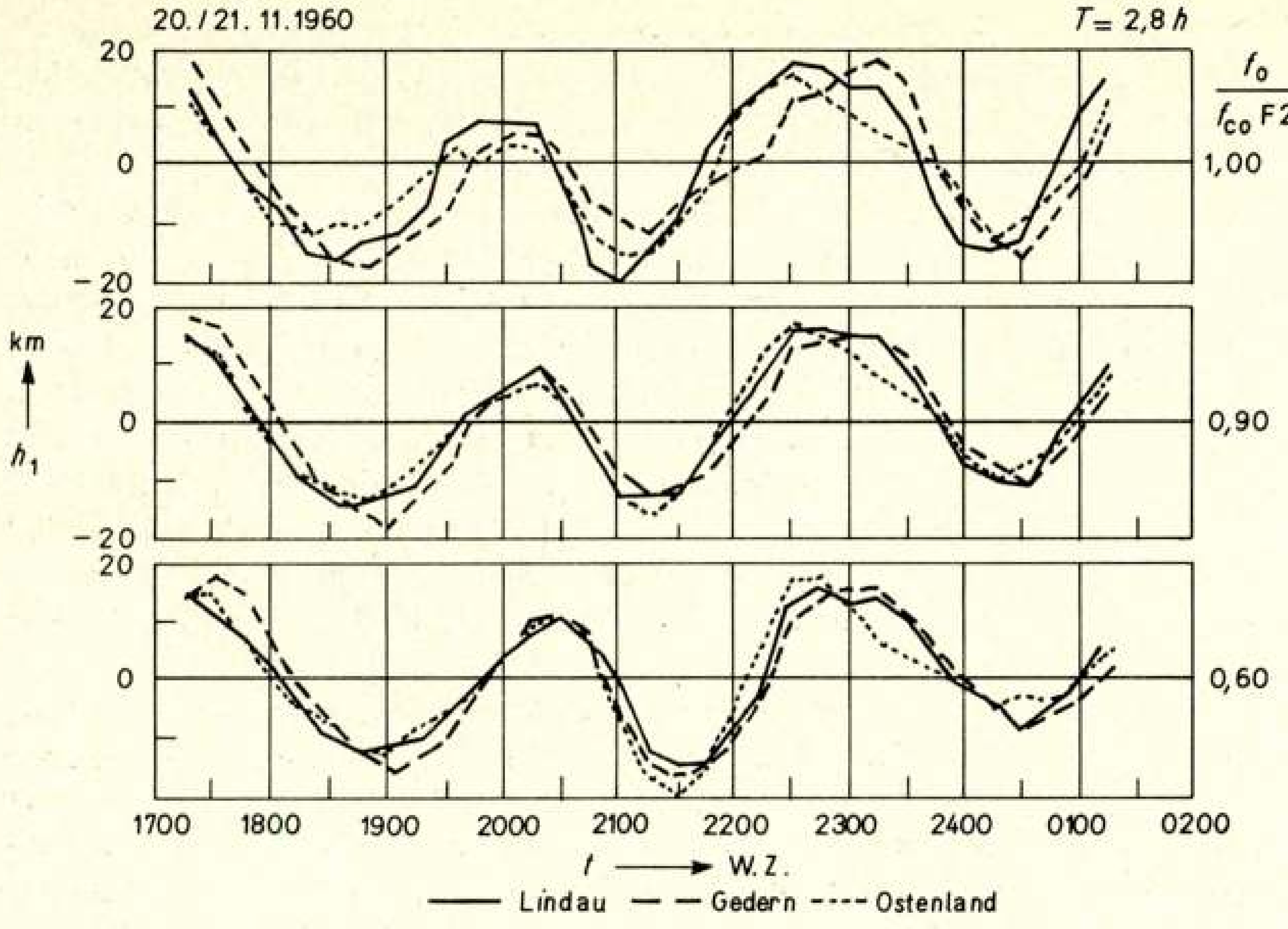


Abb. 11. Periodische Höhenänderungen der Niveaus f_o/f_{co} = 1,00; 0,90 und 0,60 nach Eliminierung des regulären Tagesgangs.

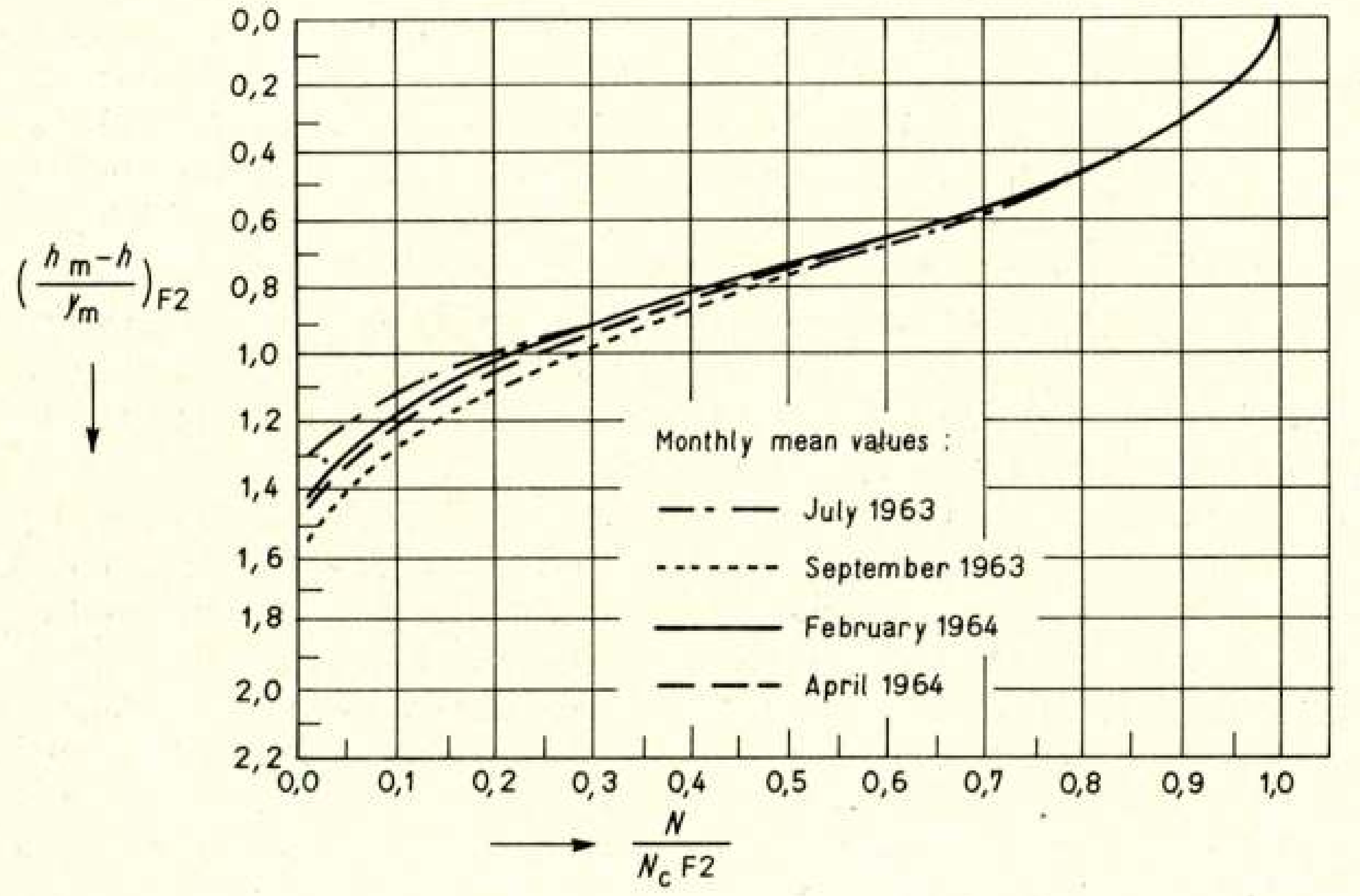


Abb. 12. Normierte Standardprofile um Mitternacht für verschiedene Monate der Jahre 1963/'64.

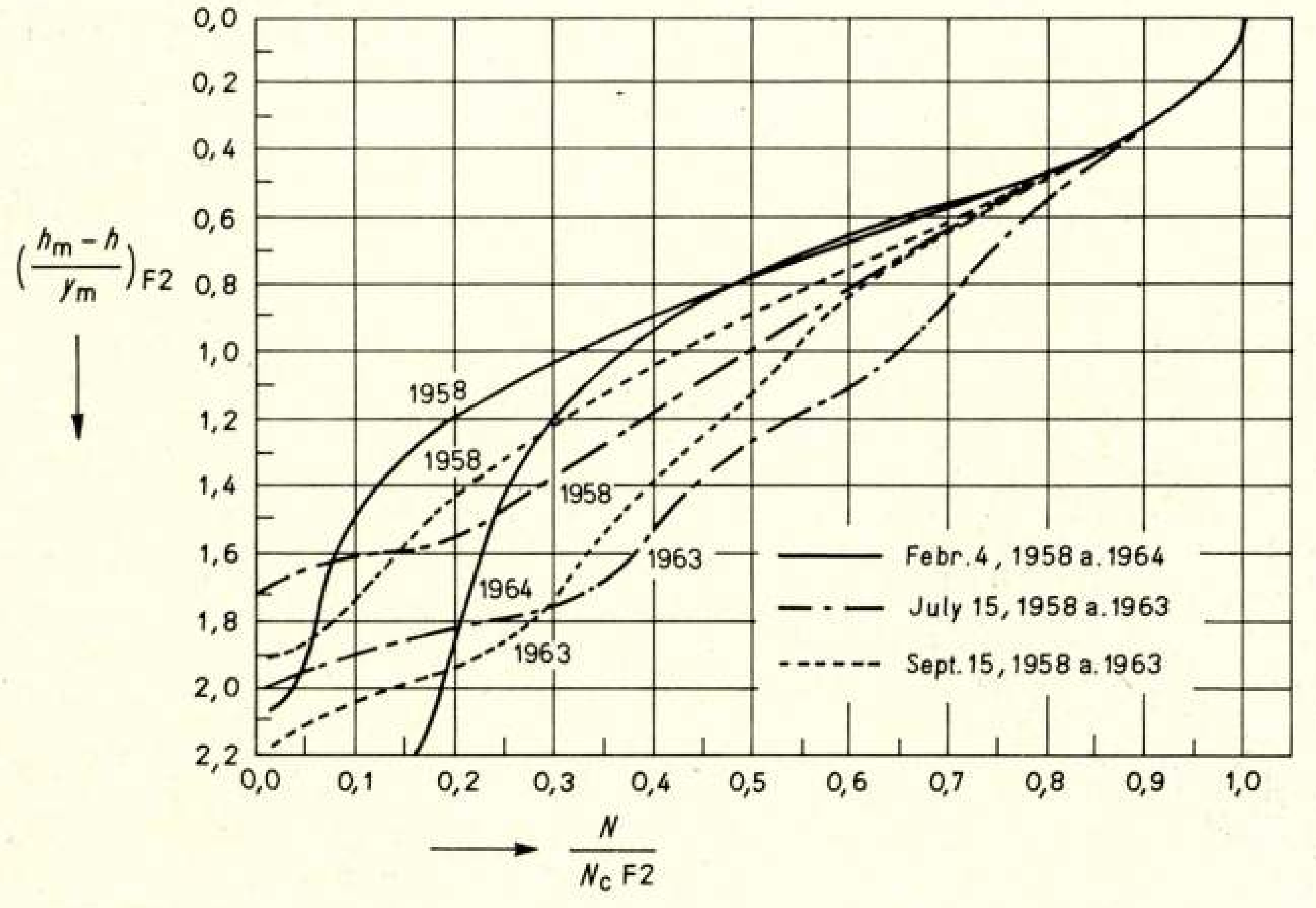


Abb. 13. Normierte Standardprofile um Mittag für gleiche Monate der Jahre 1958 und 1963/'64.

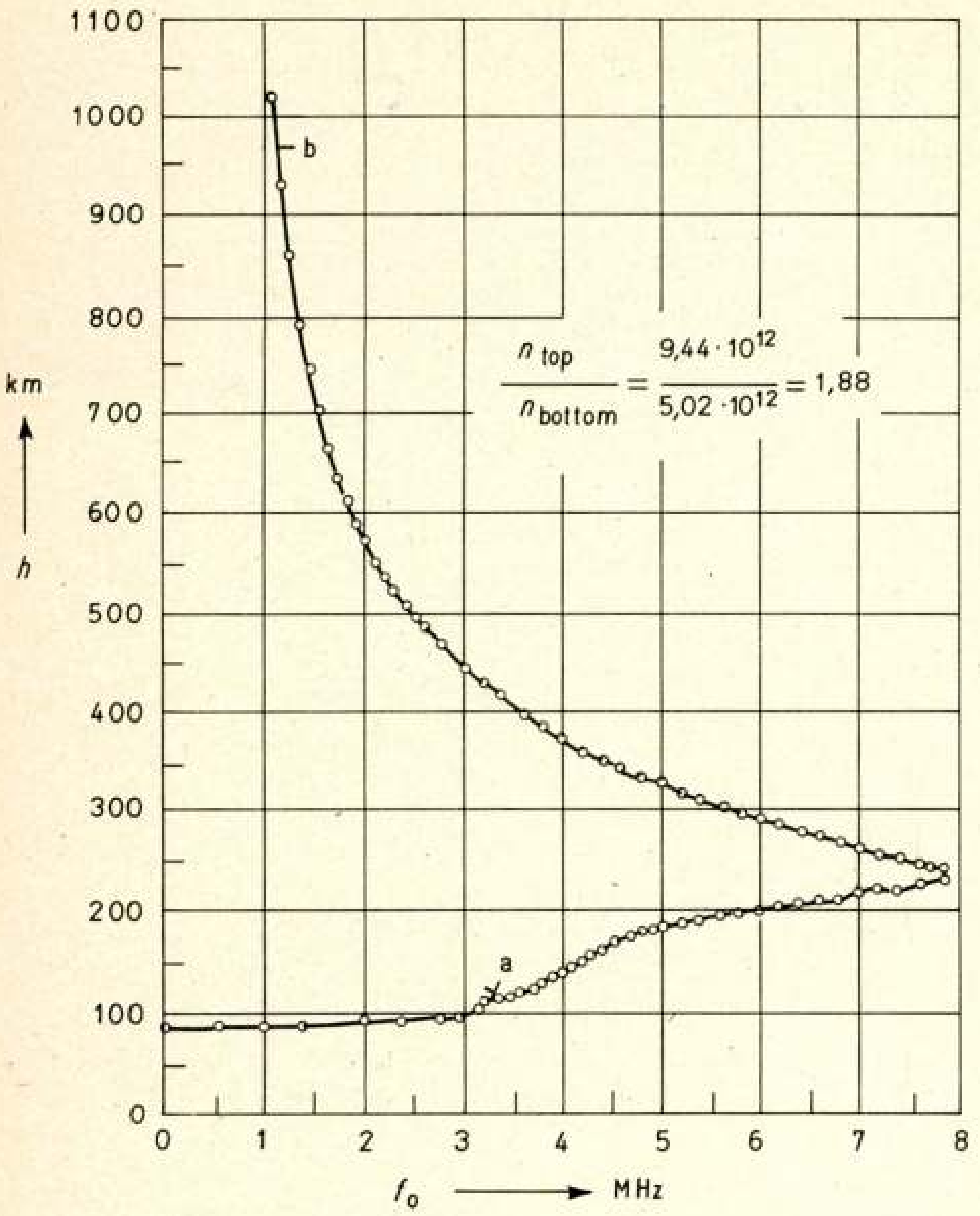


Abb. 14. Vollständiges Elektronendichteprofil für Unter- und Oberseite der Ionosphäre. Die Quellen sind im Bild angegeben.

Im einzelnen wird der Wind von einer ganzen Reihe von Kräften bestimmt: Viskosität, Corioliskraft, Reibung zwischen Ionen und Neutralgas und Trägheitskraft [20]. Man erkennt, daß der Wind im wesentlichen von der warmen Tagseite zur kalten Nachtseite weht. Es muß betont werden, daß Abb. 16 eine schematische Darstellung ist. Die vereinfachende Voraussetzung ist, daß die Elektronen- bzw. Ionendichte nur von der Höhe abhängt, nicht aber von der Ortszeit und der geographischen Breite. Die Berechnung eines realistischen Windsystems ist schwierig, weil man dazu die Ionisationsverteilung über der ganzen Erde in Abhängigkeit von der Höhe kennen müßte. Es wird aber daran gearbeitet.

Diese Winde sind nun aber nicht in der Lage, die Ionisation der F-Schicht mitzureißen, weil die geladenen Teilchen an das Magnetfeld gebunden sind. Statt dessen bewegen sie sich längs der magnetischen Feldlinien mit einer Geschwindigkeit, die gerade gleich der Projektion der Windgeschwindigkeit auf die Richtung des Magnetfeldes ist.

Dabei wird die Ionisation in geringere Höhe gedrückt oder auch emporgehoben, je nach Richtung des Windes. Wie schon eingangs erwähnt, ist die 'loss rate' von der Gasdichte und zwar speziell von der Stickstoffdichte und damit von der Höhe abhängig. Wird die Schicht nach oben bewegt, so gelangt sie in ein Gebiet geringerer 'loss rate', und die Elektronendichte wird größer. Das Umgekehrte gilt für Abwärtsdrift. Den Einfluß dieses Effektes auf die F2-Grenzfrequenz kann man durch Lösung der Kontinuitätsgleichung zusammen mit der Bewegungsleichung für den Wind berechnen. Ein Ergebnis zeigt Abb. 17.

Die in Lindau beobachteten Grenzfrequenzen für die Monate Juni, September und Dezember 1964 sind als Punkte wiedergegeben, das Ergebnis einer theoretischen Berechnung ohne Berücksichtigung des Windes dünn ausgezogen, und mit Berücksichtigung des Windes dick ausgezogen. Auf die gestrichelten Kurven soll hier nicht eingegangen werden. Man erkennt, daß die Berücksichtigung des Windes eine wesentlich bessere Annäherung an die Beobachtung ergibt. Es bleiben allerdings Diskrepanzen speziell in der Winternacht, die vielleicht z.T. durch eine Verfeinerung der Theorie ausgeglichen werden können. Daneben besteht die schon einmal erwähnte Möglichkeit des Zuflusses von Elektronen aus der Magnetosphäre.

Welche vertikalen Driftgeschwindigkeiten der Elektronen dabei auftreten, zeigt als Beispiel Abb. 18 oben. Sie betragen bis zu 100 m/s. Im unteren Teil ist noch einmal in der gleichen Weise wie in der vorhergehenden Abbildung dargestellt, daß sich durch Berücksichtigung des Windes die Annäherung an die Beobachtung merklich verbessert.

Eine Probe aufs Exempel ist die Station Lockroy in der Antarktis (Abb. 19). Dort geht im Südsommer (Dezember) die Sonne überhaupt nicht mehr unter; theoretisch zu erwarten (dünn ausgezogen) ist daher ein ganz schwacher Tagesgang mit einem flachen Maximum um Mittag. Beobachtet (Punkte) wird dagegen ein Maximum um Mitternacht und ein Minimum um Mittag. Die Berücksichtigung des Windes ergibt eine tageszeitliche Variation (dick ausgezogen), die mit der Beobachtung recht gut übereinstimmt.

Auch der von Eyfrig [14] entdeckte Deklinationseffekt läßt sich durch die Wirkung des globalen Windsystems gut erklären [20]. Es muß jedoch noch einmal darauf hingewiesen werden,

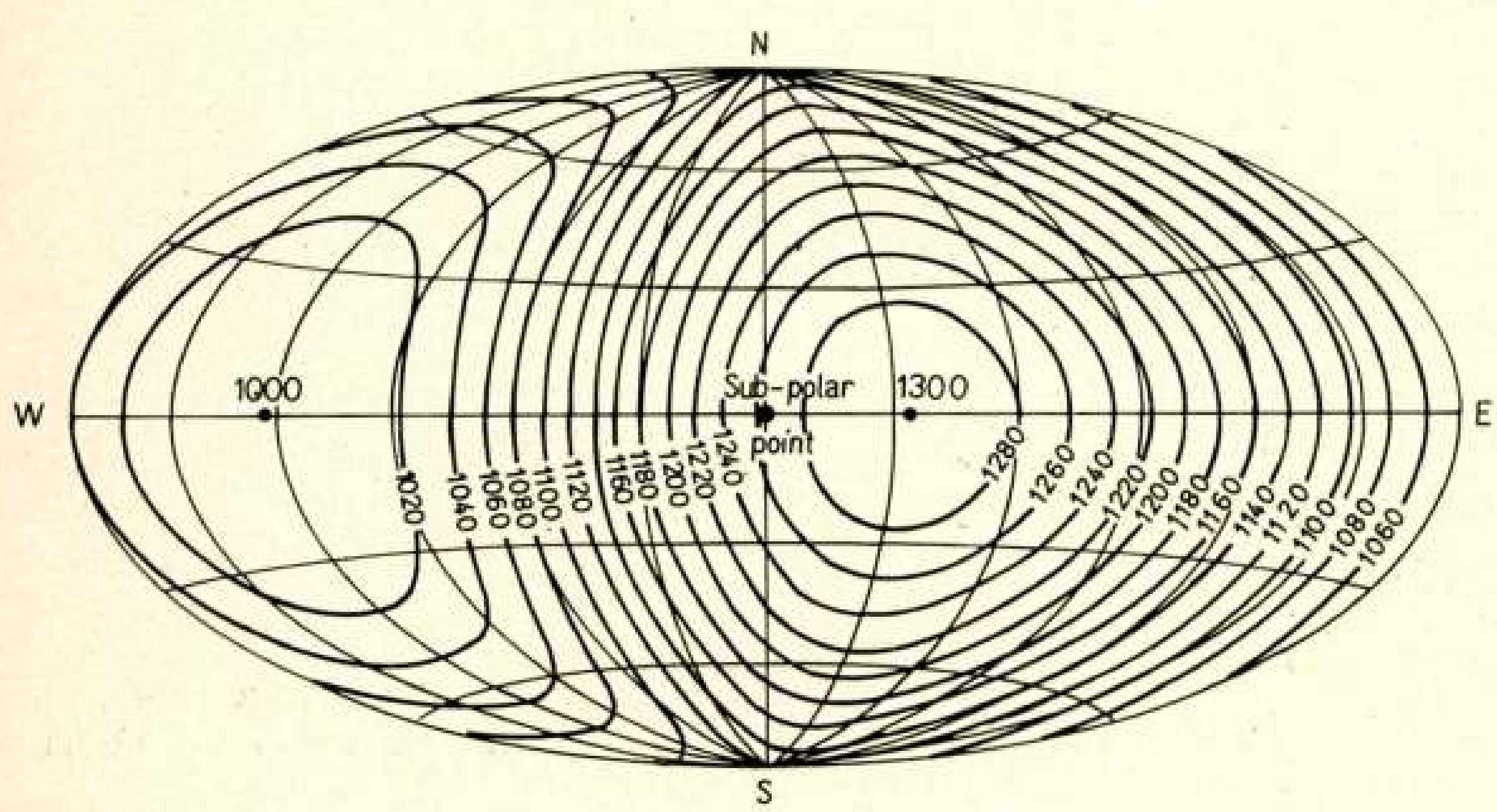


Abb. 15. Weltweite Temperaturverteilung isothermer Bereiche der Ionosphäre nach Jacchia.

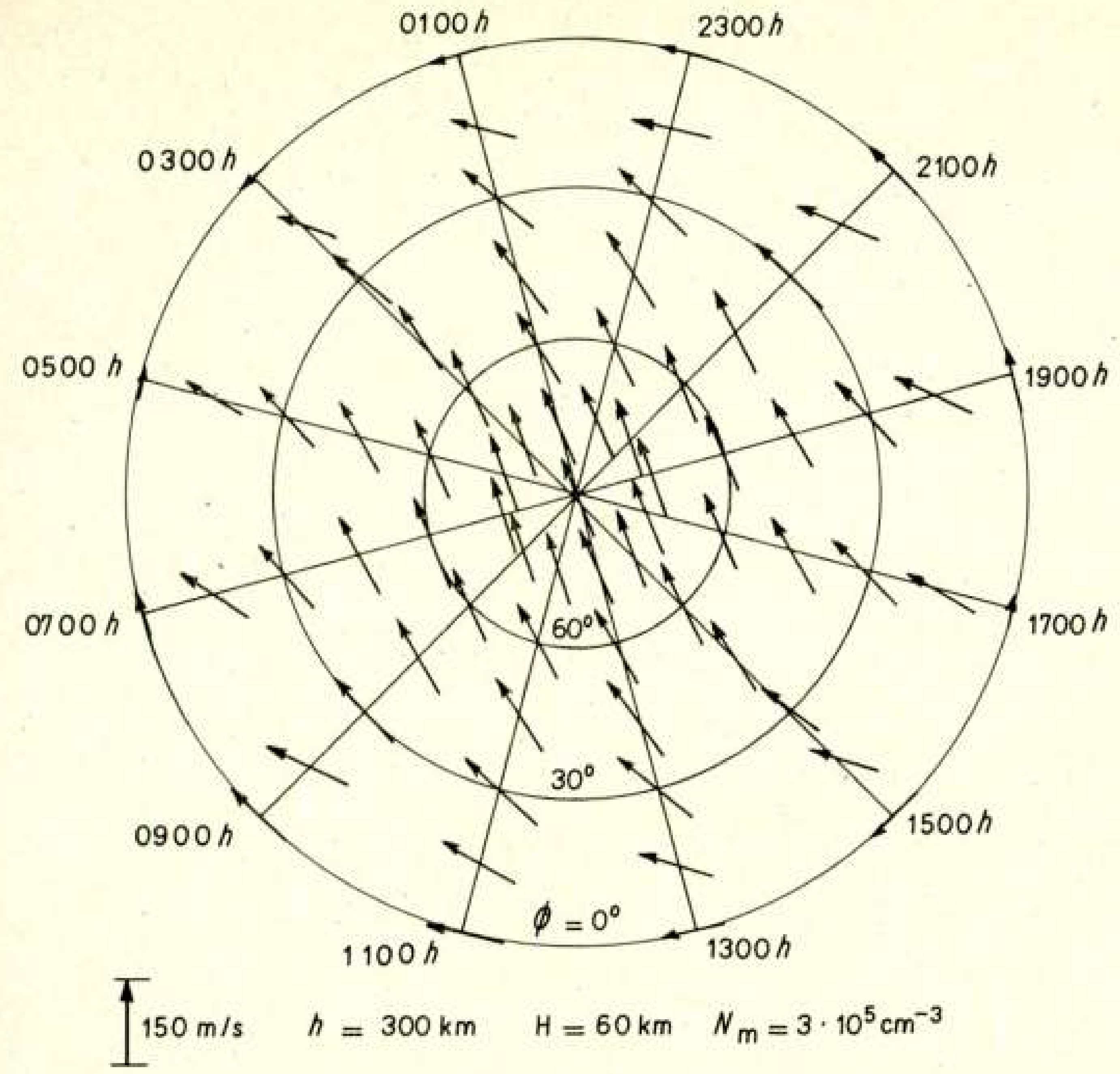


Abb. 16. Weltweites Windfeld, abgeleitet aus dem äquivalenten Drucksystem zu Abb. 15 für eine Höhe h = 300 km, eine halbe Schichtmächtigkeit; Y_m = 60 km und eine einheitliche Elektronenkonzentration; $N_m = 3 \cdot 10^5$ cm^{-3}.

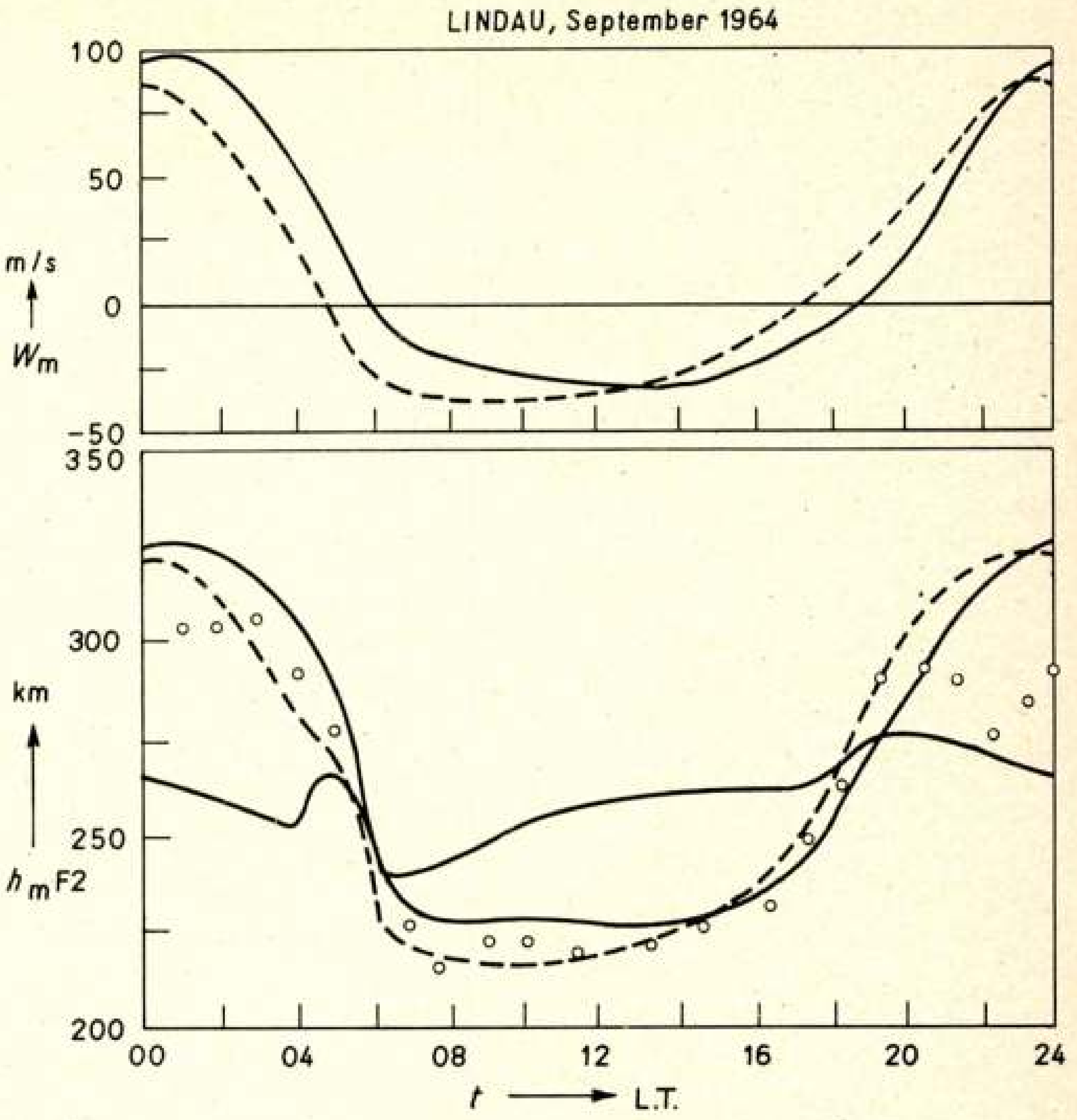


Abb. 18. Unten: Die gleiche Darstellung wie in Abb. 17 für Lindau. Oben: Die zugehörige Vertikalkomponente des Windes.

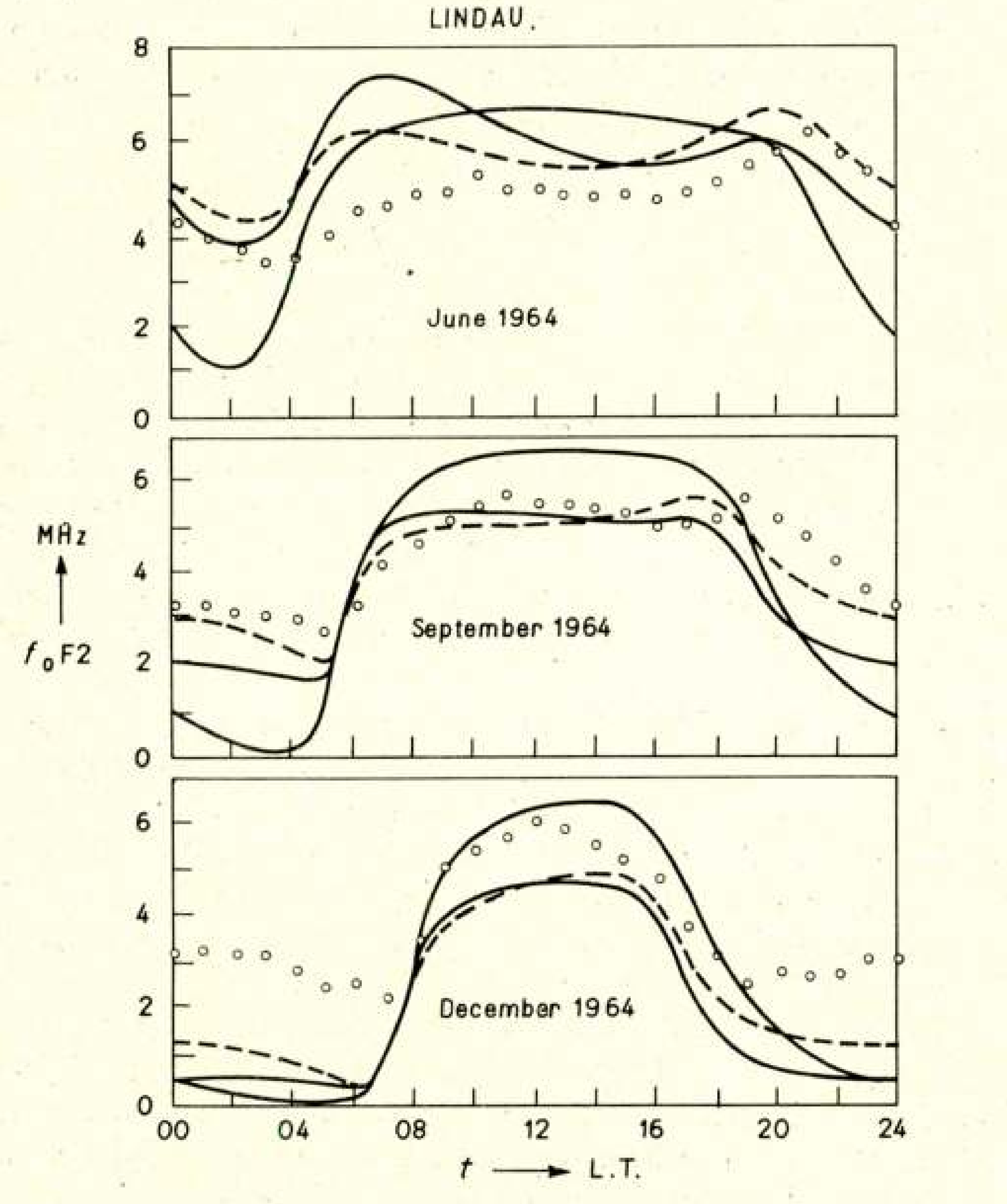


Abb. 17. Berechneter und gemessener Tagesgang der kritischen Frequenz für die Station Lindau.

ooooo gemessen

——— berechnet ohne Wind

——— berechnet mit Wind

- - - - - Windvektor um 2 h zeitlich verschoben.

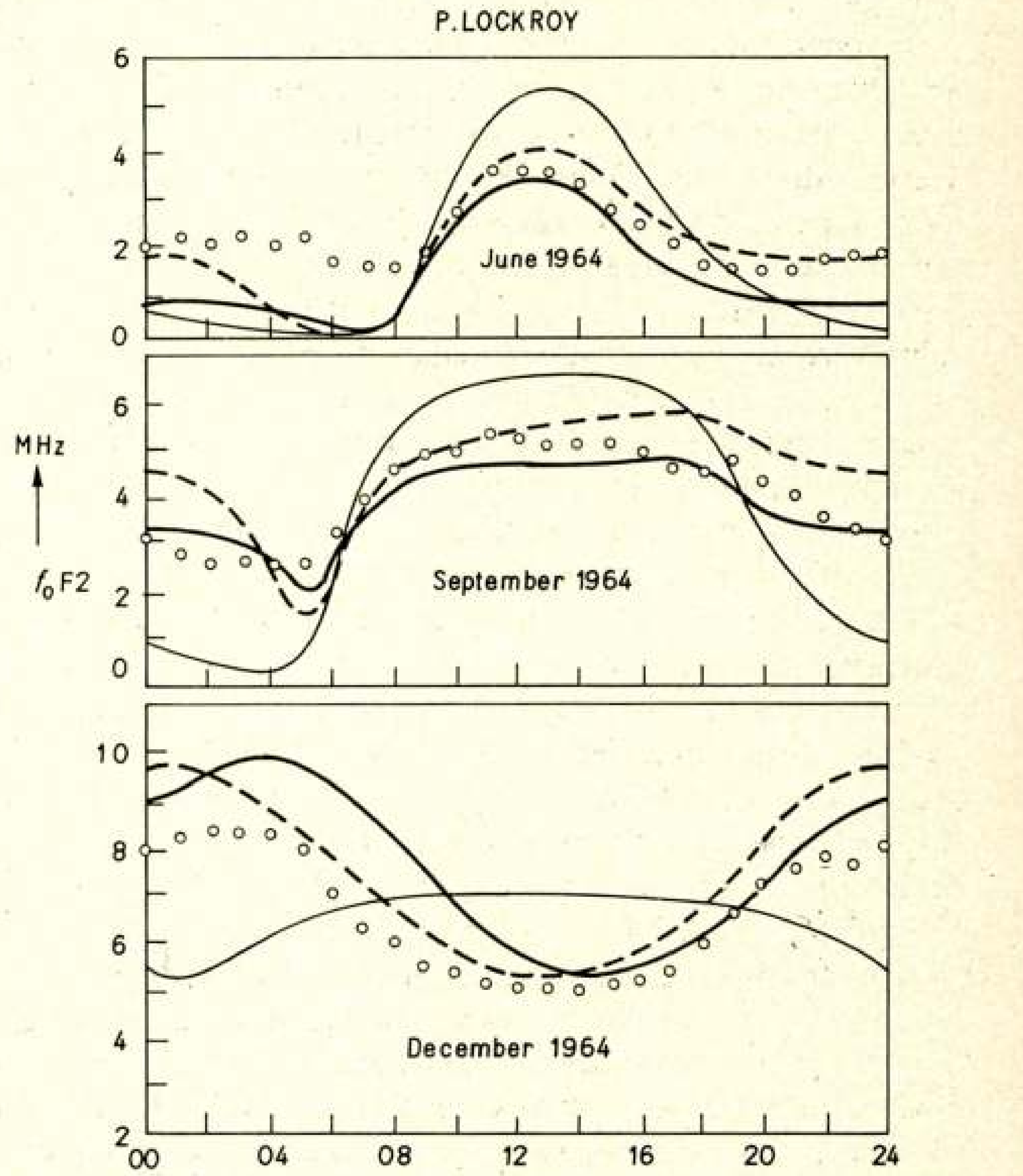


Abb. 19. Die gleiche Darstellung wie Abb. 17 für Port Lockroy. Man beachte vor allem die Verbesserung der Übereinstimmung für Dezember 1964.

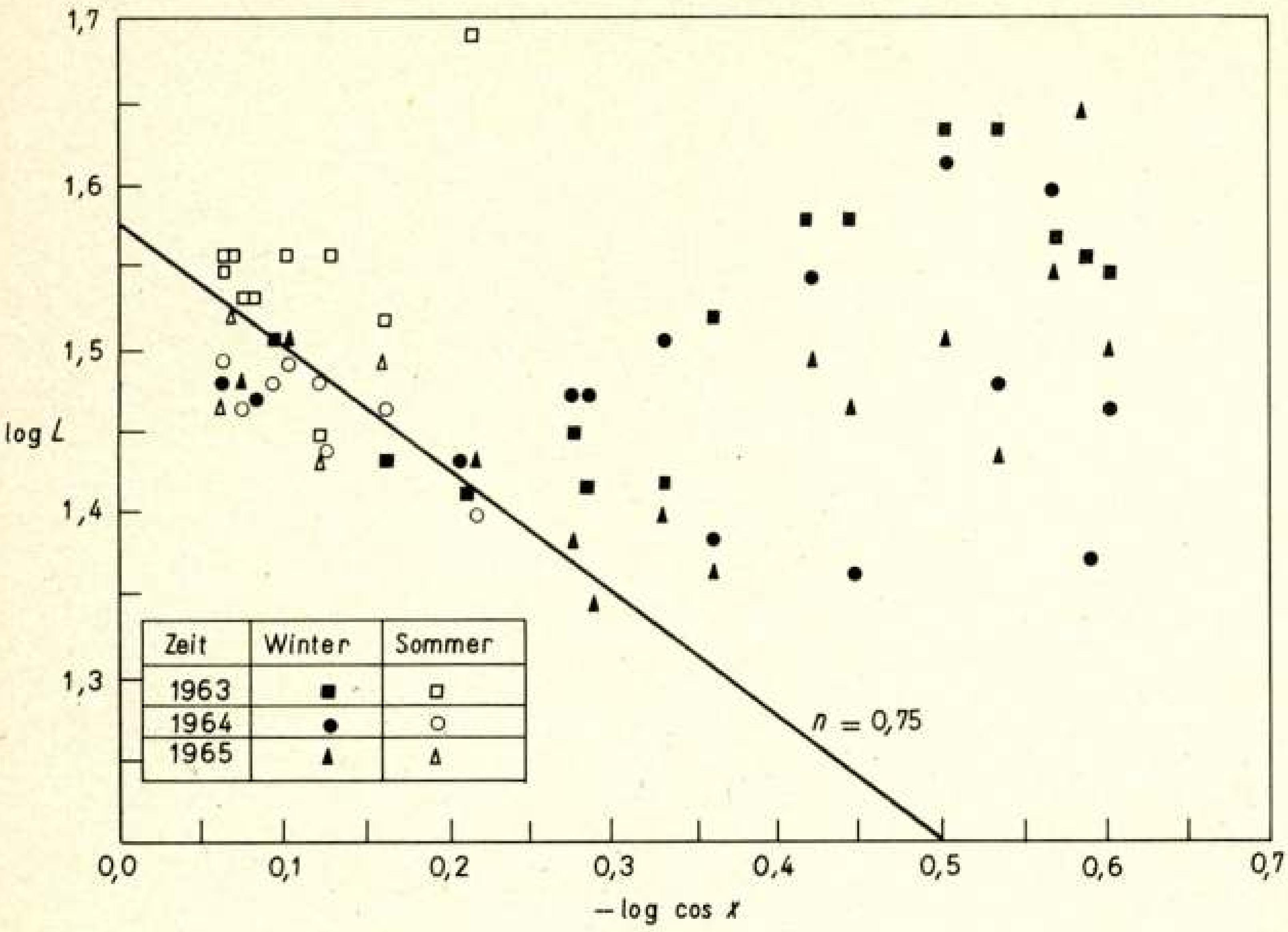


Abb. 20. Abhängigkeit der Absorption unr Mittag vom Sonnenstandswinkel in doppeltlogarithmischer Darstellung.

daß der Wind allein nicht alle Anomalien erklären kann und daß wir von einer vollständigen theoretischen Beschreibung der F-Schicht noch ein ganzes Stück entfernt sind.

4. Mesosphärisch-ionospärische Kopplung

Damit wollen wir unsere Betrachtungen über die Dynamik der F-Region beenden und uns einer ganz anderen Frage zuwenden, ob nämlich zwischen der Ionosphäre und den darunterliegenden Schichten eine Kopplung vorhanden ist. Manche Meteorologen spekulieren ja, daß über die Ionosphäre eine Beeinflussung des Wetters durch die Sonnenaktivität möglich sei und erhoffen sich davon eine Verbesserung der Prognose. Die Ionosphärenphysiker wenden dagegen ein, daß die Energie, die der hohen Atmosphäre durch Ultraviolett- und Röntgenstrahlung zugeführt wird, nur ein verschwindender Bruchteil der Energie ist, die durch Licht- und Wärmestrahlung in der unteren Atmosphäre umgesetzt wird. Und doch scheint es nach den Untersuchungen, die in den letzten Jahren an verschiedenen Stellen durchgeführt wurden, Wechselwirkungen zwischen Stratosphäre und unterer Ionosphäre zu geben. Allerdings dürfte, um das Ergebnis gleich vorwegzunehmen, die Steuerung nicht von oben, sondern von unten her erfolgen.

Die beiden Erscheinungen, die einen Zusammenhang zeigen, sind die Temperatur der Stratosphäre und die Absorption von Radiowellen im D-Gebiet. Vor etwa 15 Jahren hat Scherhag [27] in Berlin bei Radiosondenaufstiegen entdeckt, daß die Stratosphäre an manchen Tagen im Winter bis zu 40 deg wärmer ist als im Durchschnitt. Er nannte das Phänomen 'Stratosphärische Erwärmung'. Die stratosphärischen Erwärmungen hängen sicher mit einer Umstellung der stratosphärischen Zirkulation zusammen und zwar treten sie auf, wenn aus noch ungeklärten Gründen der große polare Wirbel, der sich im Winter bildet, zusammenzubrechen beginnt. Er tut dies im allgemeinen mehrmals im Laufe eines Winters, erholt sich dann aber wieder, bis er schließlich im Frühjahr endgültig verschwindet und die für ihn charakteristische Westströmung in eine Ostströmung umschlägt.

Das entsprechende ionosphärische Phänomen ist die Winteranomalie der ionosphärischen Absorption, die bereits 1937 von Appleton [1] entdeckt, aber erst in den letzten Jahrzehnten gründlich untersucht wurde: Dieminger 1952 [13], Lange-Hesse 1953 [21], Appleton und Piggott 1954 [2], Schwentek 1964 [28], Gregory 1965 [15], Belrose 1966 [10]. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist kurz folgendes: Wenn man annimmt, daß sich der Zustand des Neutralgases in der Ionosphäre bis 100 km zeitlich nicht ändert, so müßte die sog. nondeviative Absorption von Radiowellen im D-Gebiet der Ionosphäre eine eindeutige Funktion des Sonnenstandes sein. Man kann das mathematisch ausdrücken durch die Formel:

$$L \propto \cos^n \chi$$

wobei L der Verlust durch Absorption, χ die Zenitdistanz der Sonne ist. Dieses Gesetz ist für die tageszeitliche Variation gut erfüllt. Der Exponent n zeigt von Tag zu Tag gewisse statistische Schwankungen, sein häufigster Wert liegt jedoch bei $n = 0{,}75$. Versucht man nun, dieses Gesetz auf die jahreszeitliche Variation anzuwenden, so findet man, daß dies im Sommerhalbjahr möglich ist, daß aber die Absorption im Winterhalbjahr in zweifacher Hinsicht anomal ist: 1. liegt der Mittelwert der Absorption im Winter wesentlich höher als der Formel entspricht und 2. ist die Streuung der Werte an den einzelnen Tagen etwa viermal so groß wie in den übrigen Jahreszeiten [28]. Dies zeigt die Abb. 20, in der die Halbmonatsmittelwerte für Sommer und Winter der 3 Jahre 1963, '64 und '65 in doppeltlogarithmischem Maßstab dargestellt sind. Die Sommerwerte, die durch offene Quadrate, Kreise und Dreiecke dargestellt sind, gruppieren sich um eine Gerade, die einem Exponenten $n = 0{,}75$ entspricht, während die Winterwerte, die voll markiert sind, fast alle zu hoch liegen und sehr stark streuen. Dieses Verhalten bezeichnet man als Winteranomalie der Absorption. Es hat sich für weitere Betrachtungen als zweckmäßig herausgestellt, die Differenz zwischen dem theoretischen Wert, gegeben durch die Formel $L \propto \cos^n \chi$ und dem beobachteten Wert als Amplitude der Winteranomalie ΔL zu bezeichnen [28]. Den Verlauf dieser Größe für die 4 Winterhalbjahre 1962–'66 für einen konstanten Sonnenstandswinkel $\cos \chi = 0{,}25$ zeigt Abb. 21. Der tatsächlich beobachtete Verlauf der Monats-

medianwerte, dargestellt durch die Treppenkurve, kann durch eine Sinuslinie gut angenähert werden. Ihr Maximum liegt um das Wintersolstitium. Daß es sich um einen echten jahreszeitlichen Effekt handelt, geht deutlich aus der geographischen Verteilung hervor. Auf der Südhalbkugel ist die Winteranomalie um ein halbes Jahr verschoben, d.h. sie liegt im Südwinter.

Interessant ist die Breitenabhängigkeit der Winteranomalie. Sie ist sehr ausgeprägt in unseren Breiten entsprechend etwa 50°. Vergleichsmessungen, die in unserem Institut von Rose und Widdel durchgeführt wurden [24], [25], zeigen, daß sie nach dem Pol hin zunimmt und nach dem Äquator hin abnimmt. Die Abnahme nach Süden zeigt Abb. 22. In dieser Darstellung sind die Werte der Absorption aufgetragen, die an jedem Tage zwischen dem 30. Oktober 1965 und dem 10. April 1966 mittags auf einer Frequenz von rd. 2,6 MHz in 51° n.Br. (dünn) und 42° n.Br. (dick) gemessen wurden. Außerdem sind die Kurven aufgetragen, die sich theoretisch aus dem Gesetz $L \propto \cos^n \chi$ ergeben. Man erkennt deutlich, daß die Abweichungen, also der Betrag der Winteranomalie, und deren Schwankungen von Tag zu Tag in 51° Br. sehr viel größer sind als in 42° Br. Wenn man weiter nach Süden extrapoliert, so kann man darauf schließen, daß die Winteranomalie in etwa 35° Breite verschwindet. Das stimmt mit den Beobachtungen in subtropischen und tropischen Breiten überein, die keine Spur einer Winteranomalie zeigen. Auch in den Polargebieten verschwindet die Winteranomalie. Das ist verständlich, denn die Winteranomalie tritt nur bei Tageslicht auf, das in der Polarnacht bekanntlich fehlt.

Die Ursache der erhöhten Absorption ist ohne Zweifel eine Erhöhung der Elektronenkonzentration im D-Gebiet der Ionosphäre. Die nondeviative Absorption einer ebenen Radiowelle ist gegeben durch die Beziehung [23]:

$$E = E_0 \, e^{-2\int_0^{h_r} K dh}$$

wobei E_0 die Feldstärke der ungedämpften Welle, K der Absorptionskoeffizient und h die Höhe ist.

Da andererseits in guter Näherung $K \propto N \nu$ ist (N Elektronenkonzentration, ν Stoßzahl zwischen Elektronen und Neutralteilchen) nimmt die Absorption mit steigender Elektronendichte zu. Dazu trägt am meisten das Gebiet bei, in dem gleichzeitig die Stoßzahl ν hoch ist, also das D-Gebiet.

Dies konnte experimentell verifiziert werden. Abb. 23 zeigt oben Elektronendichteprofile, die von Belrose, Bourne und Hewitt [10] in Canada aufgenommen wurden, und unten die Absorption, die von Schwentek in Lindau gemessen wurde

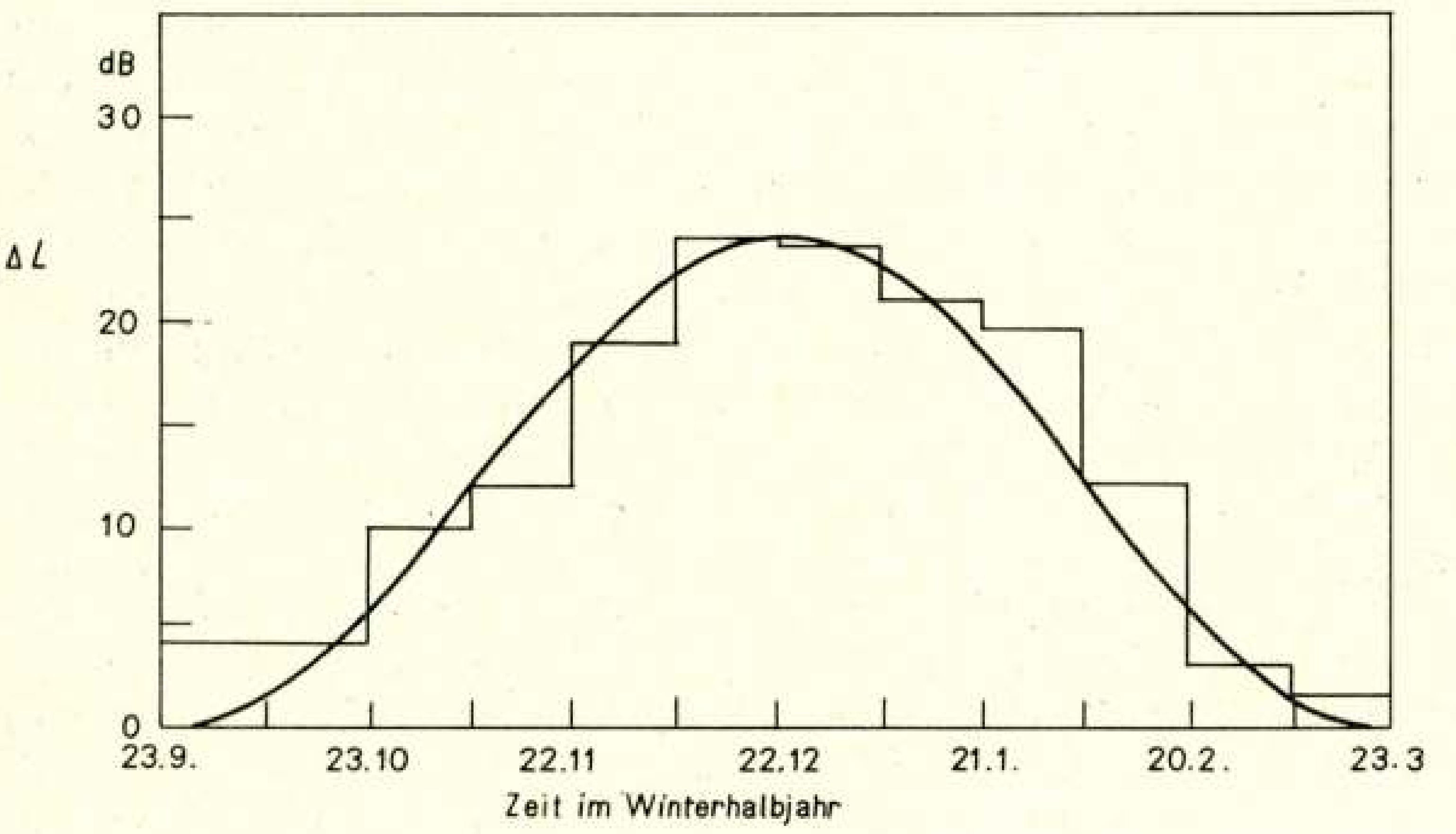


Abb. 21. 'Amplitude' der Winteranomalie ΔL (siehe Text) als Funktion der Zeitpunkte im Winterhalbjahr.

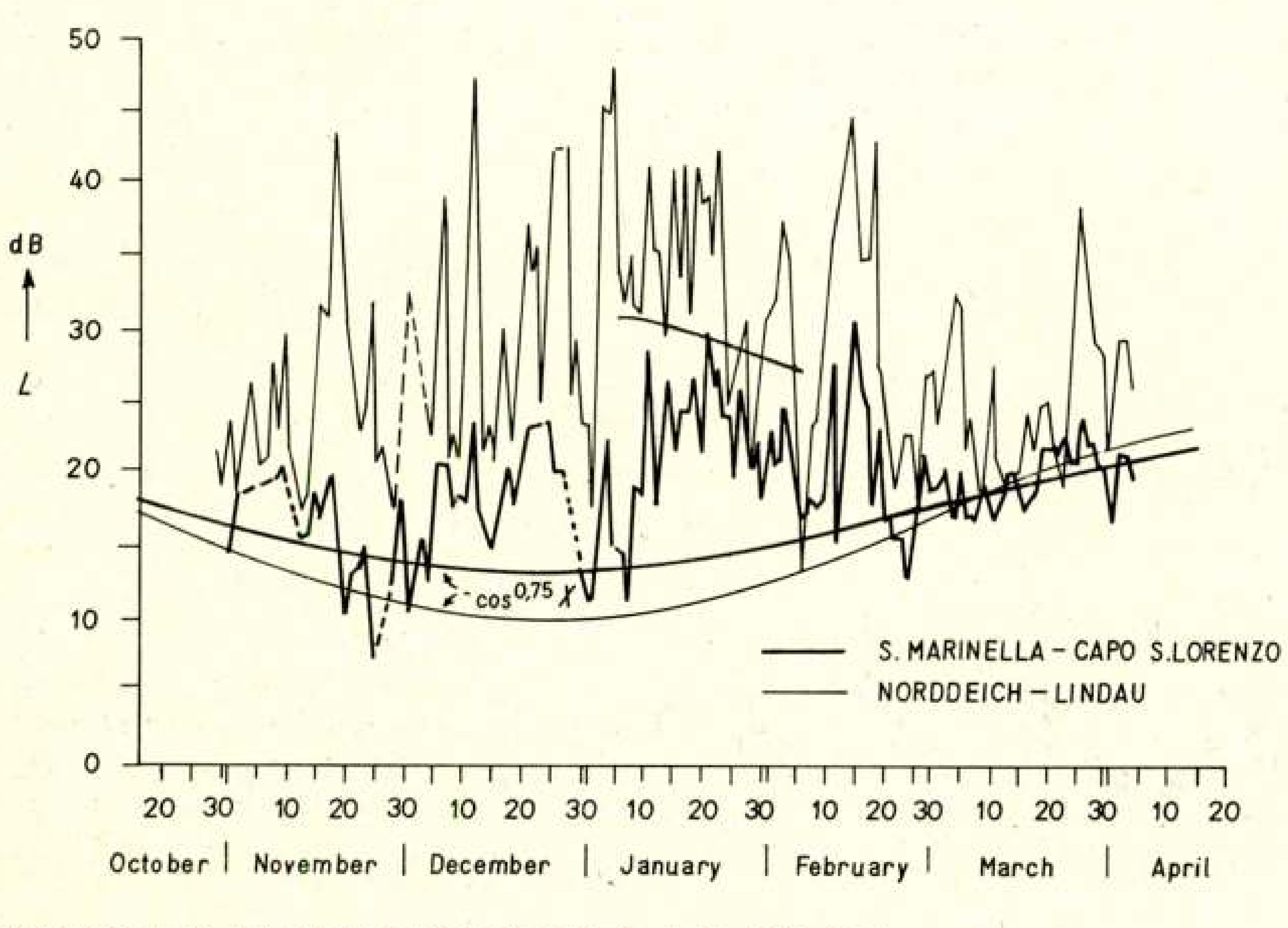


Abb. 22. Mittagswerte der Absorption L in dB für Norddeutschland (dünn) und Mittelwerte (dick), für alle Tage vom 1. Okt. '64 bis 5. April 1965. Die stetigen Kurven zeigen den theoretisch zu erwartenden Verlauf. (Anpassung für den 15. III. '65 durchgeführt.)

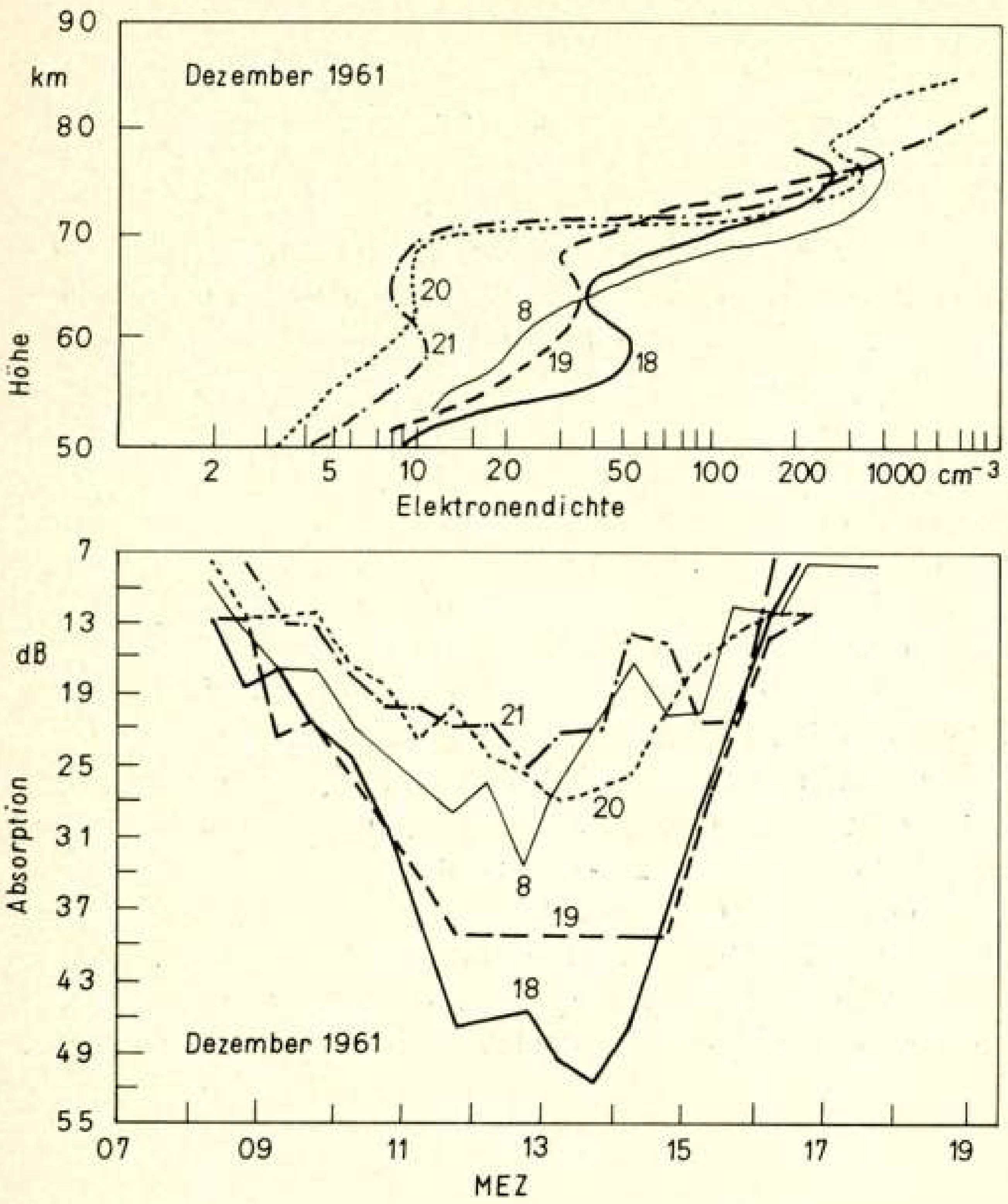


Abb. 23. Elektronendichteprofile über Ottawa (nach Belrose) und Dämpfung auf der Strecke Norddeich-Lindau für 5 charakteristische Tage im Dezember 1961.

(nach unten zunehmend). Tage mit geringer Elektronenkonzentration zwischen 50 und 70 km (20. und 21. XII. '61) koinzidieren mit Tagen geringer Absorption, Tage mit hoher Elektronenkonzentration (18. und 19. XII. '61) mit solchen hoher Absorption. Leider stehen Messungen der Elektronenkonzentration und der Dämpfung, die an der gleichen Stelle gemacht wurden, noch nicht zur Verfügung.[2)]

Die Frage, ob der Betrag der Winteranomalie von der Sonnenaktivität abhängt, muß nach den neuesten Erkenntnissen wohl mit ja beantwortet werden [29]. In Abb. 24 sind für jeden Monat der Jahre 1961–1968 die Monatsmedianwerte und die Quartiles der Absorption für cos χ = 0,1 aufgetragen. Die Winteranomalie ist in allen Jahren vorhanden, sie ist jedoch im Sonnenfleckenminimum 1963–1966 geringer als im Maximum 1967/'68. Trägt man die beobachteten Medianwerte nach Jahreszeiten getrennt als Funktion der Sonnenfleckenrelativzahl R auf, so erhält man das in Abb. 25 dargestellte Ergebnis: Im Frühjahr steigt die Absorption nur ganz wenig mit der Sonnenaktivität an, im Sommer ist der Gang uneinheitlich, im Herbst ist ein eindeutiger Anstieg zu erkennen, der durch eine Gerade approximiert werden kann. Im Winter kann man zwei Kollektive unterscheiden; normale Tage, an denen die Absorption etwa linear mit R zunimmt und anomale Tage mit besonders hoher Absorption, an denen die Absorption stärker als linear mit R ansteigt. Was hinter diesem verschiedenen Verhalten steckt, kann man z.Z. noch nicht genau sagen. Sicher ist aber, daß die Atmosphäre in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden auf die Änderung der Sonnenaktivität reagiert.

Die interessanteste Frage ist nun, lassen sich irgendwelche Korrelationen zwischen meteorologischen Parametern in der Strato- und Mesosphäre und der Absorption in der unteren Ionosphäre finden? Bei der Suche danach fanden Bossolasco und Elena [12] eine positive Korrelation zwischen den gleitenden 7 Tagesmitteln der Absorption nach Messungen in Breisach und der Stratosphärentemperatur im 10 mbar-Niveau über Berlin. Während sie für den Winter 1958/'59 einen Korrelationskoeffizienten von + 0,82 fanden, betrug er im Winter 1960/'61 nur + 0,37 und war damit nicht mehr signifikant. Sehr eindrucksvoll ist das Ergebnis von Untersuchungen von Shapley und Beynon [30]. Sie verglichen 18 Fälle, in denen eine starke Erwärmung der Stratosphäre über Berlin auftrat, mit der gleichzeitigen Absorption gemessen in Lindau, nach der Methode der überlagerten Epochen. Das Ergebnis zeigt Abb. 26. Beide Erscheinungen zeigen ein ausgeprägtes Maximum am Stichtag. Trotz der klaren Korrelation der ausgewählten, sehr starken Fälle ist der wirkliche Zusammenhang nicht so einfach. Das zeigt die folgende Abbildung 27. In ihr sind zusammengehörige Werte der Stratosphärentemperatur T im 2 mbar-Niveau über Berlin und der Absorption L über Lindau aufgetragen. Die angeschriebenen Ziffern geben das Datum an. Man erkennt, daß die Absorption vom 1.–7. Januar mit fallender Temperatur zunimmt, vom 7.–11. Januar beide gleichzeitig ansteigen, während sich zwischen dem 12. und 16. Januar die Absorption nicht ändert, obwohl die Temperatur um 40 deg abnimmt. Man muß daraus schließen, daß zumindest kein funktioneller Zusammenhang zwischen Stratosphärentemperatur und der Absorption besteht in dem Sinne, daß das eine die Ursache des anderen wäre.

Wir vermuten vielmehr, daß die mesosphärisch-stratosphärische Zirkulation die Ursache für beide Phänomene ist. Hinweise dafür gibt es genug. So ist sowohl das meridionale als

[2)] Anmerkung bei der Drucklegung des Manuskripts:
Inzwischen sind solche Beobachtungen erfolgreich durchgeführt worden [33]. Sie ergaben, daß verglichen met einem normalen Tag an einem Tag mit Winteranomalie (10. Jan. '66) die Elektronenkonzentration im gesamten Bereich zwischen 60 und 95 km erhöht war. Sehr deutlich war die Erhöhung vor allem im Bereich zwischen 80 und 90 km (Faktor 5-7) mit einem sehr scharfen Maximum (Faktor 47) in 82 km Höhe.

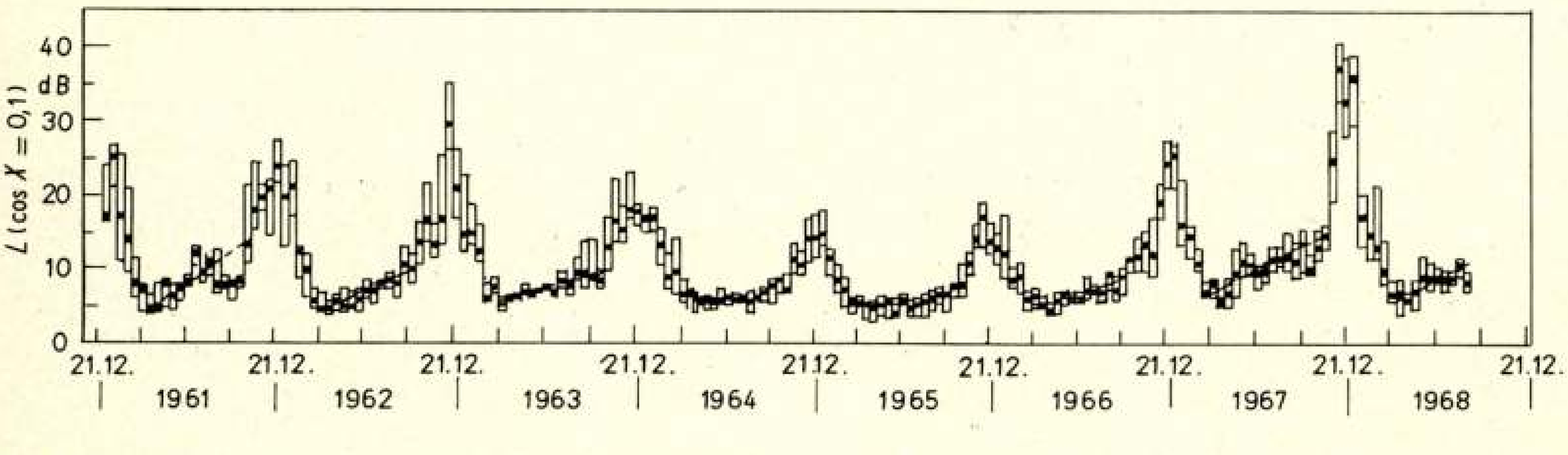


Abb. 24. Medianwerte (ausgefüllt) und Quartile (offen) der Absorption L bei einem Zenitabstand der Sonne cos χ = 0,1 für alle Monate der Jahre 1961-'68.

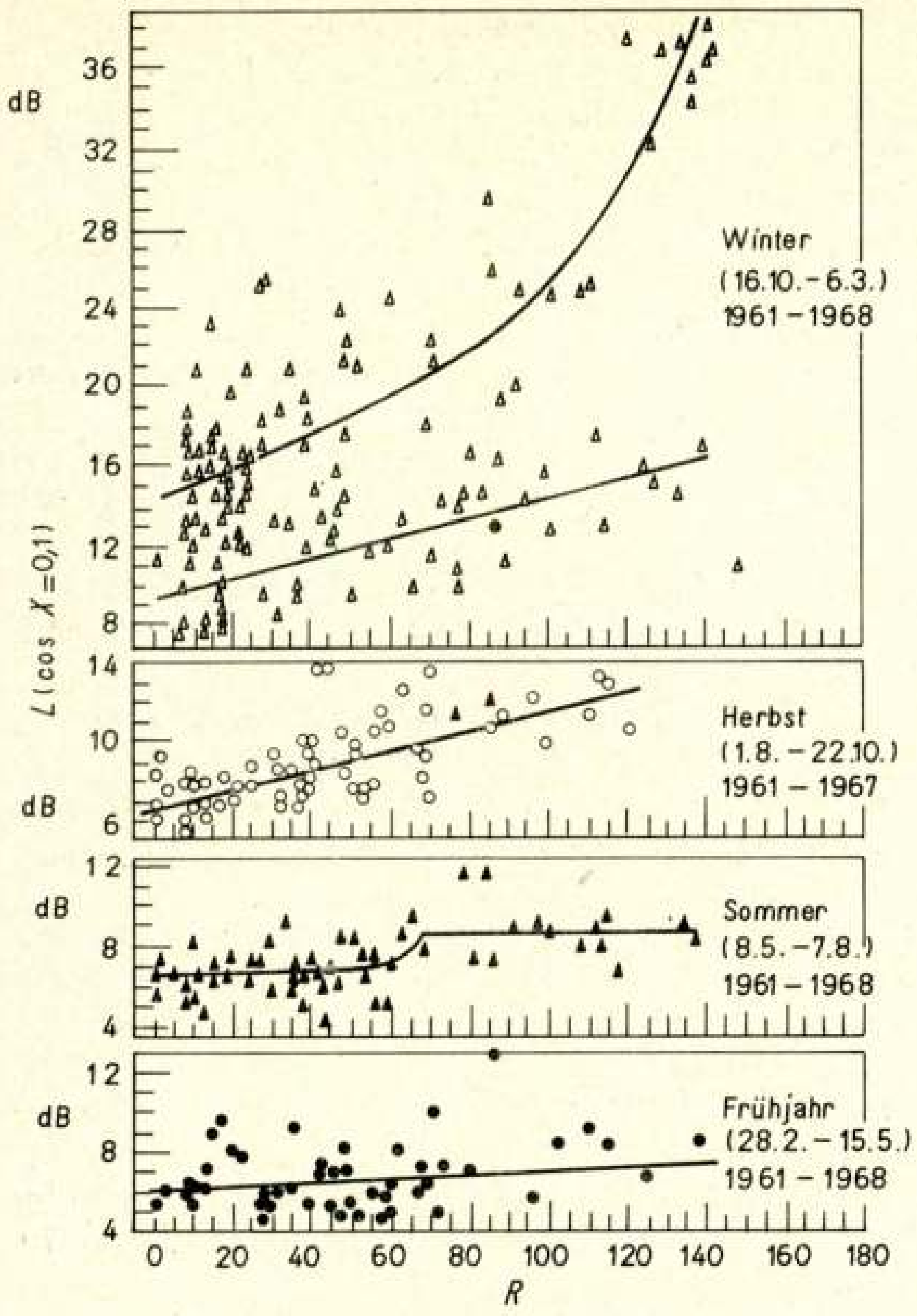


Abb. 25. Abhängigkeit der Absorption bei einem Zenitabstand der Sonne cos χ = 0,1 von der Sonnenfleckenrelativzahl in den vier Zeitperioden der Jahre 1961-'68.

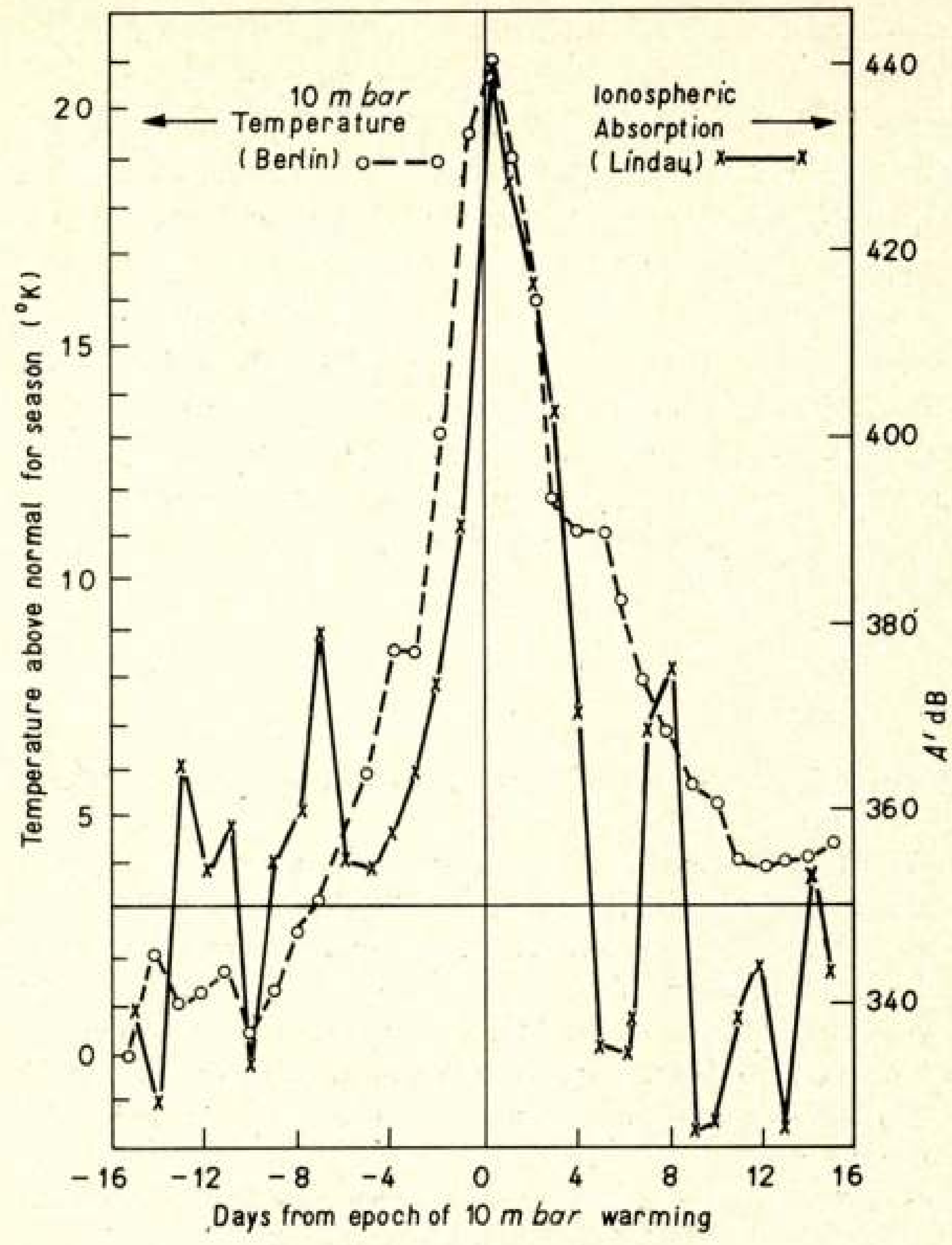


Abb. 26. Normierte Absorption A über Lindau (ausgezogen) und Temperatur im 10 mbar-Niveau über Berlin (gestrichelt) für 18 starke stratosphärische Erwärmungen. Methode der überlagerten Epochen. Die Tage der stärksten Erwärmungen dienen als Stichtage.

auch das zonale Windsystem in unseren Breiten im Winter von dem im Sommer grundsätzlich verschieden und zwar kehrt sich nicht nur die Richtung um, sondern auch die Streuung der beobachteten Werte ist im Wintér viel größer als im Sommer [22, 16]. Um diese Hypothese zu prüfen, führt unser Institut z.Z. eine Meßreihe in Spanien durch, bei der gleichzeitig die Absorption an drei je 300 km auseinanderliegenden Punkten vom Boden aus und die Windgeschwindigkeit in Höhen zwischen 70 und 80 km mittels Raketen gewonnen wird. Dabei hat es sich herausgestellt, daß bereits bei Entfernungen von einigen 100 km die Absorption nicht mehr völlig identisch ist. Das deutet daraufhin, daß die lokale Struktur der Atmosphäre eine Rolle spielt. Auch konnte festgestellt werden, daß der Wind um 80 km Höhe vom Sommer zum Winter umschlägt. Endgültige Ergebnisse lassen sich erst mitteilen, wenn die z.Z. laufende Meßreihe abgeschlossen und ausgewertet ist. Ob die Zunahme der Elektronendichte einfach durch Vertikaltransport aus der E-Schicht nach unten, oder durch eine andersartige Verteilung der ionisierbaren Komponenten des atmosphärischen Gases hervorgerufen ist, ist eine noch offene Frage.

5. Zusammenfassung

Ich habe versucht, einen kleinen Ausschnitt aus den Arbeiten des Max-Planck-Instituts für Aeronomie auf dem Gebiete der Ionosphärenphysik zu geben. Seit vielen Jahren konzentriert sich eine Arbeitsgruppe auf die Gewinnung von sehr genauen Elektronendichteprofilen. Das Studium dieser Profile und ihrer zeitlichen Veränderungen haben dazu beigetragen, die Anomalien des F-Gebietes besser zu verstehen. Die Bewegung

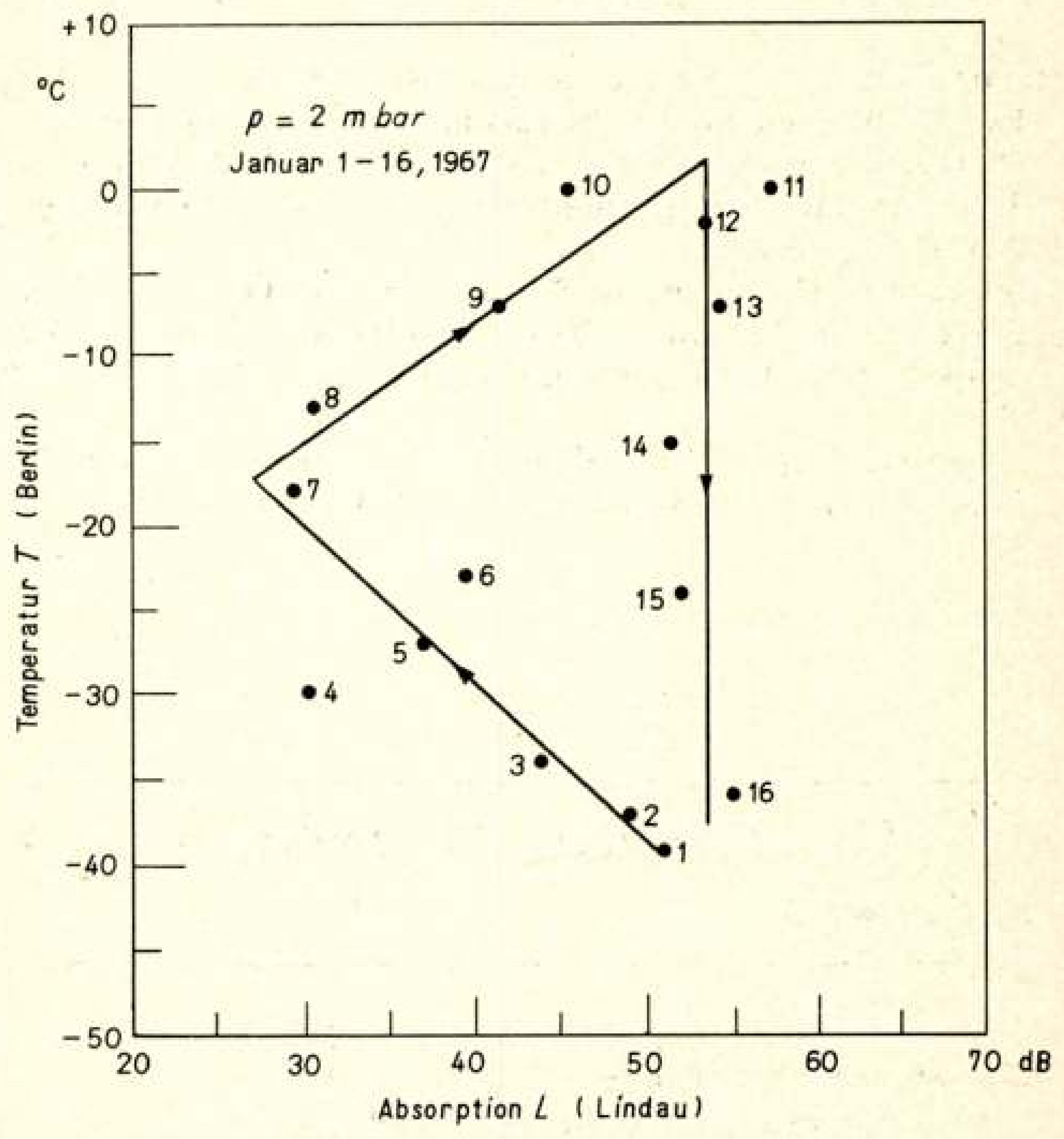


Abb. 27. Änderung der Temperatur (T) im 2 mbar-Niveau über Berlin und Absorption (L) über Lindau für den 1.-16. Jan. 1967. Das Datum ist den einzelnen Punkten beigeschrieben.

des Neutralgases und der dadurch bewirkte Vertikaltransport der Elektronen sind dabei ein wichtiger Faktor. Die erhöhte Elektronendichte im D-Gebiet ist offenbar die Ursache der Winteranomalie der Absorption. Das zeitliche Auftreten, die lokalen Unterschiede und ein gewisser Zusammenhang mit den stratosphärischen Erwärmungen deuten daraufhin, daß diese Erscheinung nicht durch Veränderung der ionisierten Strahlung bedingt ist, sondern durch die mesosphärische Zirkulation, also ein meteorologisches Phänomen, von unten gesteuert wird.

Nicht so sehr Untersuchung der Ausbreitung von Radiowellen, als vielmehr der Benützung von Radiowellen zur Erforschung der Atmosphäre entsprechen dem zukünftigen Schwerpunkt der Tätigkeit der URSI.

Literaturverzeichnis

[1] APPLETON, E. V.: Regularities and Irregularities in the Ionosphere. Proc. Roy. Soc. A, **162**, 451-479, 1937.

[2] APPLETON, E. V. and W. R. PIGGOTT: Ionospheric Absorption Measurements during a Sunspot Cycle, J.A.T.P. **5**, 141-172, 1954.

[3] BECKER, W.: Vertikale Bewegungsvorgänge in der nächtlichen Ionosphäre. A.E.Ü. **15**, 569-577, 1961.

[4] BECKER, W.: Über einen direkten Zusammenhang zwischen den täglichen Aktivitätsänderungen der Sonne und verschiedenen F-Schicht-Parametern. Kleinheubacher Berichte Nr. 9 (1963) FTZ Darmstadt 1964.

[5] BECKER, W.: N(h)-Analyse eines Ionosphärensturms, Kleinheubacher Berichte Nr. 9 (1963) FTZ Darmstadt 1964.

[6] BECKER, W.: Die physikalische Bedeutung der äquivalenten Schichtdicke der Ionosphäre. Kleinheubacher Berichte Nr. 11 (1965) FTZ Darmstadt 1966.

[7] BECKER, W.: On the manual and digital computer methods used at Lindau for the conversion of multifrequency ionograms to electron density height profiles, Radio Science **2**, 1205-1232, 1967.

[8] BECKER, W.: Beitrag zur Bestimmung des Standard-Profiles der Ionosphäre. Kleinheubacher Berichte Nr. 12 (1967) FTZ Darmstadt 1968.

[9] BECKER, W.: Die Bestimmung der Feinstruktur der Ionosphere aus Ionogrammen, Kleinheubacher Berichte Nr. 13 (1968) (im Druck).

[10] BELROSE, J. S., I. BOURNE and L. W. HEWITT: The Winter Variability of Electron Number Density in the Lower Ionosphere over Ottawa, in Frihagen (editor): Proceedings of the NATO Advanced Study Institute Meeting, Finse 1965, North Holland Publ. Comp., Amsterdam 1966.

[11] BELROSE, J. S.: The 'Berlin' Warming, Nature **214**, 660-664, 1967.

[12] BOSSOLASCO, M. and A. ELENA: Absorption de la couche D et température de la mésosphère. Comptes Rendus **256**, 4491-4493, 1963.

[13] DIEMINGER, W.: Über die Ursachen der excessiven Absorption in der Ionosphäre an Wintertagen, J.A.T.P. **2**, 340-349, 1952.

[14] EYFRIG, R.: La déclinaison magnétique influence le comportement de la couche F2, Comptes Rendus **254**, 534-536, 1962.

[15] GREGORY, J. B.: The Influence of Atmospheric Circulation on Mesospheric Electron Densities in Winter. J. Atm. Sci., **22**, 18-23, 1965.

[16] KELLOGG, W. W.: Report on the Symposium on Interactions between the Upper and Lower Layers of the Atmosphere, COSPAR Meeting Vienna 1966.

[17] KLOSTERMEYER, J.: Gravity Waves in the F-region. J.A.T.P. 1968 (im Druck).

[18] KOHL, H. and J. W. KING: Atmospheric Winds between 100 and 700 km and their Effects on the Ionosphere, J.A.T.P. **29**, 1045-1062, 1967.

[19] KOHL, H.: Eine Erklärung für die Abhängigkeit der F2-Grenzfrequenz von der erdmagnetischen Deklination, Kleinheubacher Berichte 1968 (im Druck).

[20] KOHL, H., J. W. KING and D. ECCLES: Some Effects of Neutral Air Winds in the Ionosphere, J.A.T.P. **30**, 1733-1744, 1968.

[21] LANGE-HESSE, G.: 27-tägige Variationen in der D-Schicht-Absorption der Ionosphäre über Singapore und Slough, J.A.T.P. **3**, 153-162, 1953.

[22] MURGATROYD, R. J., F. K. HARE, B. W. BOVILL, S. TOWELESS and A. KOCHANSKY: The Circulation in the Stratosphere, Mesosphere and Lower Atmosphere, WMO Technical Note 70, Geneva 1965.

[23] RATCLIFFE, J. A.: The Magneto-ionic Theory, University Press Cambridge 1959.

[24] ROSE, G.: Über die Bestimmung der D-Schicht-Absorption für eine 2000 km lange Meßstrecke und deren Endpunkte, A.E.Ü. **19**, 103-111, 1965.

[25] ROSE, G. und H. U. WIDDEL: Bemerkungen zur Südgrenze der Winteranomalie, Kleinheubacher Berichte Nr. 11 (1965) FTZ Darmstadt 1966.

[26] RÜSTER, R.: Eine theoretische Untersuchung der Abhängigkeit der Elektronendichteverteilung in der Nähe des Maximums der nächtlichen F-Schicht von der Sonnenaktivität, Kleinheubacher Berichte Nr. 13 (1968) (im Druck).

[27] SCHERHAG, R.: Die explosionsartige Stratosphärenerwärmung des Spätwinters 1951/52, Ber. Deutsch. Wetterdienst **6**, 51-63, 1952.

[28] SCHWENTEK, H.: Der Verlauf der mittäglichen Dämpfungskennwerte der Ionosphäre von 1956 bis 1963, A.E.Ü. **18**, 309-315, 1964.

[29] SCHWENTEK, H.: Korrelationen zwischen Sonnentätigkeit und unterer Ionosphäre, Kleinheubacher Berichte 1968 (im Druck).

[30] SHAPLEY, A. H. and W. J. G. BEYNON: 'Winter Anomaly' in Ionospheric Absorption and Stratospheric Warmings, Nature **206**, 1242-1243, 1965.

[31] STUBBE, P.: Temperature Variation at the F-layer Maximum during a sunspot cycle. J.A.T.P. **26**, 1055-1068, 1964.

[32] TITHERIDGE, J. E.: The maintenance of the night ionosphere, J.A.T.P. **30**, 1857-1875, 1968.

[33] MECHTLY, E. A. and J. S. SHIRKE: Rocket Electron Concentration Measurements on Winter Days of Normal and Anomalous Absorption, J. of Geophys. Res. **73**, 6243-6247, 1968.

Over het Technisch Wetenschappelijk Onderwijs

Amerika, ons voorbeeld?
Inaugurele rede prof. dr. ir. S. Middelhoek

In zijn – op 7 mei 1969 aan de T.H. Delft gehouden – inaugurele oratie gaf prof. Middelhoek in het eerste deel een overzicht van de elektronische materialen. Hij volgde hierbij een indeling op basis van de natuurkundige eigenschappen van deze materialen; hij onderscheidde de magnetische, de diëlektrische, de isolerende, de halfgeleidende, de geleidende en de optische materialen. De spectaculaire ontwikkeling van de halfgeleiders, resulterend in de introductie van de zogenaamde kristalschakelingen, wettigt de verwachting dat het aantal toepassingen van elektronica explosief zal toenemen. In de groep van optische materialen noemde prof. Middelhoek onder meer de bijzondere eigenschappen van gadolinium-ijzer-granaat, een magneto-optisch materiaal. Hij lichtte in het kort toe op welke wijze

hiermee een geheugen van grote omvang voor toepassing in rekenmachines gerealiseerd zou kunnen worden.

In het tweede gedeelte van zijn rede, genaamd 'Technology Gap', toonde de spreker aan dat er op het gebied van de elektronische materialen een ernstige achterstand van Europa op Amerika valt waar te nemen. Het gevaar is niet denkbeeldig dat, aangetrokken door het succes van de Amerikaanse industrie, op bijv. het gebied van halfgeleiders, meetapparatuur en rekenmachines een bijenzwerm van Amerikaanse firma's op Europa en ook op Nederland zal neerstrijken. Deze ontwikkeling is zeker niet zonder risico's voor de Europese welvaart. Brengen de Amerikaanse ondernemingen ongetwijfeld werkgelegenheid en introduceren ze hun geavanceerde produktie- en managementmethoden, zo wordt de stabiliteit van de Europese economie er door in gevaar gebracht. Het is niet aan te nemen dat de welvaart in Europa zowel als in de Verenigde Staten gestaag zal toenemen zonder ups en downs. Heeft Amerika onder een depressie te lijden, dan zal de neiging bestaan door het reduceren of opgeven van Europese nederzettingen deze depressie op Europa af te wentelen.

Vervolgens gaf de spreker zijn gedachten weer over de tegenmaatregelen, die er toe kunnen leiden, dat Europa weer een gelijkwaardige partner van de Verenigde Staten wordt. In de eerste plaats is het nodig om het minderwaardigheidscomplex van de Europeaan ten opzichte van alles, wat er in de Verenigde Staten gebeurt, te doorbreken. In de tweede plaats, om het gevoel van meerderwaardigheid van de Amerikanen ten aanzien van Europa wat te temperen. Om hier verandering in aan te brengen moeten wij – hoewel het niet in onze aard ligt – onze prestaties en produkten beter en luidruchtiger aan de man brengen.

In de wetenschap betekent propaganda: publiceren. Als belangrijk nevenprodukt van publiceren noemde de spreker de stimulans, die van het voorbereiden van een publikatie uitgaat op het werk zelf. Een belangrijke voorwaarde is echter dat er bruikbare publikatie-media ter beschikking staan. Tijdschriften, die van een landelijke vereniging uitgaan en die in de landstaal gestelde overzichtsartikelen en mededelingen van allerlei aard bevatten, welke van interesse geacht moeten worden voor de nationale lezer, zullen in betekenis moeten toenemen. Dit kan bereikt worden door nog meer overzichtsartikelen te publiceren, reisbeschrijvingen, ingezonden stukken, personeelsadvertenties. De Amerikaanse tijdschriften 'Physics Today' en het 'IEEE Spectrum' zijn hiervan goede voorbeelden.

Een groot aantal doeleinden zijn slechts realiseerbaar, indien er in Europees verband naar wordt gestreefd. Het zou daarom bijv. aanbeveling verdienen het C.E.R.N. uit te bouwen tot een organisatie, die niet alleen op het gebied der hoge-energiefysica werkzaam is, maar bovendien ook zuiver wetenschappelijk onderzoek zal doen op die gebieden, waar een achterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten, Japan of eventueel Rusland dreigt te ontstaan.

Nadat prof. Middelhoek er op gewezen had dat er speciaal voor produkten van hoge kwaliteit een grote markt in Amerika te vinden is, bepleitte hij dat, naar Zwitsers voorbeeld, veel meer dan tot nu toe het geval was Nederlandse vertegenwoordigers in Amerika worden ingeschakeld om het contact tussen de Nederlandse industrie en de daar werkende Nederlanders te bevorderen, waardoor de terugkeer naar Nederland voor deze mensen – het blijkt dat het grootste gedeelte er de voorkeur aan zou geven weer in Nederland te werken – aantrekkelijker en gemakkelijker zou kunnen worden gemaakt.

Spreker achtte het weinig zinvol, gezien de snelle ontwikkeling van de technische wetenschappen, om op de hogescholen een te uitgebreid programma bij te houden. Een programma gericht op vorming tot zelfstandige wetenschapsbeoefening en voorbereiding voor maatschappelijke betrekkingen – volgens de wet het doel van het wetenschappelijk onderwijs – moet door een intelligente student in 4 à 5 jaar kunnen worden afgewerkt. Tevens is het zinvol de exameneisen op de diverse Europese technische hogescholen op elkaar af te stemmen ten einde een betere uitwisseling van ingenieurs in Europa mogelijk te maken. Tenslotte is het noodzakelijk dat de wisselwerking tussen industrie en hogeschool, zonder al te veel administratieve rompslomp, wordt geactiveerd ten einde de bij beide partijen aanwezige kennis ten volle te kunnen benutten.

Boekennieuws

E. WOLFENDALE: **Computer-aided design of electronic circuits.** 172 blz., 69 diagrammen. Uitg.: Iliffe Books Ltd., London, 1968. Prijs 50 s. net.

Na een korte behandeling van de werking van een digitale rekenmachine en de programmeertaal ALGOL geeft de auteur een beschrijving van ALGOL-programma's die gebruikt kunnen worden bij het ontwerpen van elektronische schakelingen.

Begonnen wordt met een vrij uitgebreide behandeling van een aantal programma's waarmee het verband tussen belangrijke grootheden van enkele basis-elementen als RC-netwerk en transistor bepaald kunnen worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van formules zoals die in het boek 'Transistor Circuit Design and Analysis' van dezelfde auteur gegeven zijn. Daarbij wordt rekening gehouden met het feit dat weerstanden en condensatoren in de praktijk uit een bepaalde reeks van mogelijke waarden gekozen moeten worden.

Als voorbeeld wordt een programma behandeld, waarmee van een drie-traps video-versterker de componenten bepaald kunnen worden, aan de hand van een gegeven configuratie en de opgegeven eisen m.b.t. bandbreedte en versterking van de schakeling.

Vervolgens wordt een korte beschrijving gegeven hoe een programma dat door de auteur ontwikkeld is, gebruikt kan worden om een willekeurige elektronische schakeling te analyseren.

Tenslotte wordt aangegeven hoe het verloop van een bepaald signaal van een netwerk als functie van de tijd met behulp van een simulatie-programma bepaald kan worden. Dit wordt aan de hand van eenvoudige en meer ingewikkelde schakelingen met terugkoppeling en een niet-lineariteit geïllustreerd.

In de inleiding van zijn boek stelt de auteur dat het zijn doel is, aan te geven hoe een digitale rekenmachine ingeschakeld kan worden bij het ontwerpen van elektronische schakelingen, met behulp van reeds bestaande ontwerpmethoden. Hiervoor worden in dit boek een groot aantal programma's beschreven. Een ieder die pas op dit terrein werkt of wil gaan werken kan dit boek worden aanbevolen; voor een algemene oriëntatie is het minder geschikt. Ir. P. Bruijn

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam. Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Voorlopig programma van vergaderingen en bijeenkomsten voor de tweede helft van 1969

– Tijdens de tentoonstelling 'Het Instrument' te Utrecht zal op 10 oktober 1969 een werkvergadering worden georganiseerd onder de titel 'Medische Instrumentatie'.
– Eind november 1969 zal een werkvergadering worden gehouden met als onderwerp 'Het radiotelescoopsysteem van Westerbork'.
– De leden van het NERG zullen worden uitgenodigd tot het bijwonen van een symposium getiteld 'Luchtwaarneming met niet-conventionele systemen', dat in Delft zal worden gehouden. Het initiatief hiertoe werd genomen door de Afdeling voor Krijgskundige Techniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Tot nu toe heeft waarneming van de aardkorst voornamelijk plaatsgevonden met behulp van fotografische middelen vanuit een vliegtuig en alleen in dat deel van het elektromagnetische spectrum, dat het zichtbare licht en het fotografische infrarood omvat. Het laatste decennium echter zijn systemen tot ontwikkeling gekomen, die ook waarneming mogelijk maken in andere delen van het elektromagnetische spectrum. Dit zijn onder meer de vliegtuigradar ('side looking radar': golflengtegebied 0,8 tot 50 cm) en de infrarood-thermografie (golflengtegebied 3 tot 14 μm). Hiermede parallel loopt de ontwikkeling van nieuwe methoden voor opslag en verwerking van de ingewonnen informatie.

Alhoewel genoemde systemen aanvankelijk primair voor militaire doeleinden zijn ontwikkeld, blijken zij van zo groot belang voor de civiele praktijk (landbouwkundig zowel als civiel-technisch), dat zij hiervoor zijn vrijgegeven. Een heel nieuw terrein van mogelijkheden is hierdoor ontsloten. Het is de bedoeling van dit symposium om potentiële belanghebbenden kennis te laten nemen van deze nieuwe systemen en hun mogelijkheden.

Rectificatie

Op de omslag van de NERG-uitgave nummer 3, jaargang 34, is abusievelijk vermeld 'april 1969' in plaats van 'maart 1969'.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden
T. de Ruig, Ing., Storm van 's-Gravesandeweg 24, Wassenaar.
Ir. H. J. Verbiest, Koedijk 14, Huizen (N.H.).
Ir. F. S. de Wolf, Moerbeilaan 1, Hilversum.

Nieuwe leden
Ir. L. J. G. Berière, Demertstraat 99, Heer.
Ir. G. van Binsbergen, Schout van Eijklaan 231, Leidschendam.
B. H. Claasen, Escamplaan 340, Den Haag.
Ir. J. A. M. Wiendels, c/o Shell Curaçao N.V., Emmastad, Curaçao (N.A.).

Nieuwe adressen van leden
Ir. D. Breeuwsma, Irislaan 18, Leende (N.B.).
Ir. S. Kukler, Vondellaan 62, Leiden.
Ir. J. J. Visser, Regentesseweg 1A, Zandvoort.

Varia

Internationaal Symposium 'Design and application of logical systems', 15 . . . 20 september 1969 te Brussel

Dit symposium wordt georganiseerd door de 'Société Royale Belge des Electriciens' in samenwerking met de 'Industrial Electronics and Automatic Control Laboratories' van de Universiteit van Brussel.

De organisatoren hebben ernaar gestreefd om tot een actieve samenwerking te komen tussen hen, die werkzaam zijn met het ontwerpen van logische systemen met behulp van systematische methoden en hen, die zich bezighouden met de toepassing van deze systemen in de research en industrie. In de voordrachten zal derhalve de nadruk worden gelegd op die systematische methoden, die bij het ontwerpen van speciale logische systemen zijn gebruikt.

Voor nadere inlichtingen wende men zich tot: Dr. J. Florine, International Symposium, Laboratoire d'Electronique Industrielle, Université Libre de Bruxelles, 50 avenue F.D. Roosevelt, Bruxelles 5, Belgique.

'Het Instrument 1969', 7 . . . 16 oktober 1969, Utrecht.

In de gebouwen van de Koninklijke Nederlandse Jaarbeurs te Utrecht zal dit jaar voor de achtste maal de tentoonstelling 'Het Instrument' worden gehouden.

De sterke expansie op alle gebieden van de instrumentatie weerspiegelt zich in het tentoonstellingsoppervlak, dat vergeleken met de in 1967 gehouden tentoonstelling met 33% is gestegen tot meer dan 17 000 m^2. Ten einde de bezoekers de oriëntatie te vergemakkelijken worden de in totaal 260 stands zodanig gegroepeerd, dat de bepaalde vakgebieden in verschillende hallen zijn geconcentreerd.

De Bernhardhal zal onderdak bieden aan exposanten met in hoofdzaak instrumenten voor procestechniek, elektrotechniek en elektronica, alsmede bijbehorende professionele onderdelen. In de Irenehal komt een uitgebreid overzicht van instrumenten voor de chemische analyse, materiaalonderzoek, microscopie, laboratorium-apparatuur enz., terwijl de medische instrumenten met een sterk specialistisch karakter zullen worden geëxposeerd in de Marijkehal.

Annex met de tentoonstelling zullen een aantal voordrachten worden gehouden.